

Revisión Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas

Presentación Comité Operativo Ampliado | **SESIÓN N°4/2023**
Jueves 12 de enero de 2023

División de Calidad del Aire
Ministerio del Medio Ambiente



Tabla sesión

Hora	Tema
10:35 a 10:40	Saludo de bienvenida Expositor: Emmanuel Mesías Rojas
10:40 a 11:00	Actualización de la evidencia de daños en salud asociados a la exposición a termoeléctricas Expositor: Dra. Sandra Cortés, Departamento de Salud Pública y Medicina Familiar - PUC (20 min)
11:00 a 11:10	Sección de preguntas Moderador: Emmanuel Mesías Rojas (10 min)
11:10 a 11:30	Normativa Ambiental y Parámetros Operacionales de Unidades Generadoras Expositor: Gretchen Zbinden - Coordinador Eléctrico Nacional (20 min)
11:30 a 11:40	Sección de preguntas Moderador: Emmanuel Mesías Rojas (10 min)
11:40 a 12:10	Antecedentes para la mejora regulatoria Expositor: Victoria Frohlich - Inodu (30 min)
12:10 a 12:20	Sección de preguntas Moderador: Emmanuel Mesías Rojas (10 min)
12:20-12:25	Palabras de cierre



Próximas sesiones

Actividad	Objetivos	Fecha tentativa
5° reunión C.O.A.	(1) Presentación de propuesta de mejora regulatoria	08 de Marzo
6° reunión C.O.A.	(1) Presentación Borrador Anteproyecto y AGIES	22 de Marzo 2023

Expediente electrónico

2046

https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=936887



The screenshot displays the website interface for the Chilean Ministry of Environment. At the top left is the logo of the Ministry of the Environment and the Government of Chile. The main header features the text 'EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS Planes y Normas' over a scenic background of mountains and a lake. A navigation bar includes links for 'Normas de Calidad', 'Normas de Emisión', 'Planes', and 'Búsqueda'. The breadcrumb trail indicates the current page is 'Normas de Emisión > Revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S. N° 13 de 2011 > Expediente'. A paragraph explains that according to the regulations, it is necessary to maintain a file containing all information generated during the process of elaboration or revision of norms. Below this, there are tabs for 'Ficha' and 'Expediente', with 'Expediente' being the active tab. The page shows the name of the file as 'Revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S. N° 13 de 2011' and its status as 'En elaboración'. A section titled 'Documentos Publicados' contains a table with five rows of document details.

Normas de Emisión > Revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S. N° 13 de 2011 > 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 Revisión de la Norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S. N° 13 de 2011

Estado En elaboración

Documentos Publicados

N°	N° Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	01	Resolución N° 130, da inicio a la revisión de la norma 	Resolución N° 130	Ministerio del Medio Ambiente	12-02-2020
2	02	Publicación Diario Oficial Res.Ex. N° 130/2020 	Publicación D.O	Ministerio del Medio Ambiente	25-02-2020
3	03	Memo que solicita representante a comité operativo 	Memo N° 108/2020	Ministerio del Medio Ambiente	25-02-2020
4	04	Memo que solicita representante a comité operativo 	Memo N° 109/2020	Ministerio del Medio Ambiente	25-02-2020
5	05	Memo designa representante C.O. 	Memo N° 55/2020	Ministerio del Medio Ambiente	10-03-2020





FACULTAD DE MEDICINA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE

2047

Escuela de Medicina

Actualización de la evidencia de daños en salud asociados a la exposición a termoeléctricas

4° Sesión Comité Ampliado para la revisión de la NECT

Dra. Sandra Cortés
MV, Mg Sc, Dra. en Salud Pública
Profesora Asociada

Santiago, 12 de enero de 2023

medicina.uc.cl

Declaración de conflicto de interés

Financiamientos:



[SOCHIPE - Soc. Chilena de Pediatría](#)

medicina.uc.cl

Contenidos a revisar

- Evidencia internacional en salud infantil asociada a la exposición a Centrales Termoeléctricas
- Evidencia en salud de adultos asociada a la exposición a Centrales Termoeléctricas Chile
- Conclusiones

En relación a Salud Infantil: revisión literatura internacional

2050

Objetivo 1: Describir potenciales efectos en salud infantil vinculados con la exposición a termoeléctricas a carbón (cercanía residencial y emisiones).

- Método: Revisión de la literatura científica internacional sobre efectos en salud en niños, niñas y adolescentes < a 18 años
- Criterios de inclusión: estudios epidemiológicos publicados en Pubmed, con medición de la exposición de exposición a contaminantes generados por centrales termoeléctricas

Cortes A, S., et al. (2019). "Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?" Revista Chilena de Pediatría; Vol. 90, Núm. 1 (2019): Enero - Febrero.

Alteraciones reproductivas, stress oxidativo

Primer autor, año, país	Tamaño muestral)	Exposición	Efecto principal	Resultados principales
Yang M., 2017, EEUU	252719 registro de nacidos vivos entre 1990 y 2006.	Concentraciones de SO2 y MP2,5 diarios según distancia con CTE (hasta 20 millas) y dirección del viento.	Bajo peso al nacer (<2500g), muy bajo peso al nacer-MBPN (<1500g)	Nacidos de madres que viven 32 a 48 Km a sotavento de la CTE tienen 6,50% más riesgo de BPN 17,12% más riesgo de MBPN
Chen CH., 2017, Taiwan				110 niños (9-15 años) residencia próxima a CTE. 2 grupos, según concentración de biomarcadores de exposición:

Alteraciones cognitivas y biomarcadores de exposición y daño

Primer autor, año, país	Tamaño muestral)	Exposición	Efecto principal	Resultados principales
Tang D., 2014, China	308 madres no fumadoras (>20 años) e hijos antes del parto con residencia hasta 2,5km desde la TE. 2 grupos: a) cohorte I - nacidos en 2002 (110) antes del cierre b) cohorte II - nacidos 2005 (107) después del cierre	Exposición ambiental: HAP, B[a]P , aductos de HAP-DNA en sangre cordón para 2002 y 2005.	Antropometría y CD en 4 dominios (motor, adaptativo, lenguaje y social) y promedio.	Mayor cc en cohorte II, niveles reducidos de aductos de HAP-ADN de sangre y de HAP ambientales . Menores niveles de aductos de HAP-ADN y de CD en cohorte 2005 4,1% vs 88% el 2002.
Blanchard KS., 2011, EEUU	Datos agrupados de distritos escolares de Texas (con planta de cemento de horno de carbón y CTE a carbón) y California (con planta de cemento)	Distribución espacial de Hg ambiental.	Autismo en el distrito escolar	% autismo es > en áreas geográficas de altos Hg ambiental. Texas, el RR fluctúa entre 1,08 a 1,72; en California, el RR 2,08 y 2,12.
Hu SW., 2011, China	369 niños 2 de comunidades de alta exposición - <5km (234); 2 comunidades de baja exposición - >5km (135).	Análisis de HAPs de muestras de aire ambiental.	Concentración urinaria de 1-OHP.	HAP en el aire ambiente > en comunidades de alta exposición. La media de 1-OHP en la comunidad de alta exposición fue 1,85 veces (IC95%: 1,43-2,40) vs baja exposición.

Partos prematuros

Primer autor, año, país	Tamaño muestral)	Exposición	Efecto principal	Resultados principales
Mohorovic L., 2004, Croacia	704 mujeres embarazadas con residencia dentro de 3,5 a 12 km de distancia desde la CTE.	Exposición individual al final del 1°, 2°, 3° y 6° mes y promedio de todo el embarazo. Residencia alrededor de la CTE.	Tiempo de gestación	Correlación (-) significativa entre la exposición al SO ₂ al del 1° y 2° mes de embarazo y la duración de la gestación Periodo de funcionamiento de la CTE más partos prematuros vs periodo de menos hs de funcionamiento

Daño respiratorio Chile Juan Sanchez 1999

Primer autor, año, país	Tamaño muestral)	Exposición	Efecto principal	Resultados principales
Sanchez J., 1999, Chile	114 niños (6 a 12 años) 2 grupos: a) sintomáticos respiratorios crónicos (57); b) b) asintomáticos (57).	Medición diaria de MP10 y SO2 en el aire.	Medición diaria de Flujo Espiratorio Máximo (FEM) e incidencia de síntomas respiratorios (tos, expectoración, disnea, sibilancias, uso de broncodilatador)	<p>↑ de 50 µg/m3 de la media diaria de SO2 produjo una ↓ del FEM 1,42 L/min al día siguiente;</p> <p>↑ de 30 µg/m3 en la concentración acumulada de 3 días de MP10 produjo una ↓ de 2,84 L/min</p> <p>↑ de 30 µg/m3 en la media semanal de PM10 se relacionó con ↑ de 26% (RP= 1,26; de tos y de 23% de expectoración.</p> <p>↑ de 50 µg/m3 en la media de 3 días de SO2 se asoció a un ↑ de 5% de expectoración</p> <p>↑ de 30 µg/m3 en el promedio diario de PM10, ↑ el uso de broncodilatadores dos días más tarde en 10%</p> <p>En niños asintomáticos: ↑ de 30 µg/m3 en media diaria produjo una ↓ de 1,34 L/min en el FEM del día siguiente y un ↑ similar en la exposición acumulada de tres días se asoció a un ↑ de 9% en sibilancias.</p>

Evidencia en Chile

- Estudio epidemiológico de tipo ecológico: serie de tiempo y comparación geográfica

Tasas de mortalidad y morbilidad (generales y específicas por 10.000 habitantes)

$$Tasa = \frac{\text{número de efectos totales}}{\text{Población total}} \times 10.000$$

- Cálculo de Razón de Tasas Mortalidad Estandarizada (RME) y Razón Tasas de Morbilidad Estandarizada (RmorbilidadE) por 10.000 habitantes

“Una RME superior a 1, y sus Intervalos de Confianza (I.C) estadísticamente significativos, indica que el riesgo de morir en la población observada fue más alto que el esperado si hubiera tenido la misma experiencia o riesgo que la población estándar.

“Una RME inferior a 1, con I.C estadísticamente significativos indica que el riesgo de morir fue inferior en la población observada que lo esperado si su distribución fuera la de la población de referencia”

Análisis de Bases de datos de acceso público

Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS)

Mortalidad

Fallecidos (2006-2016)

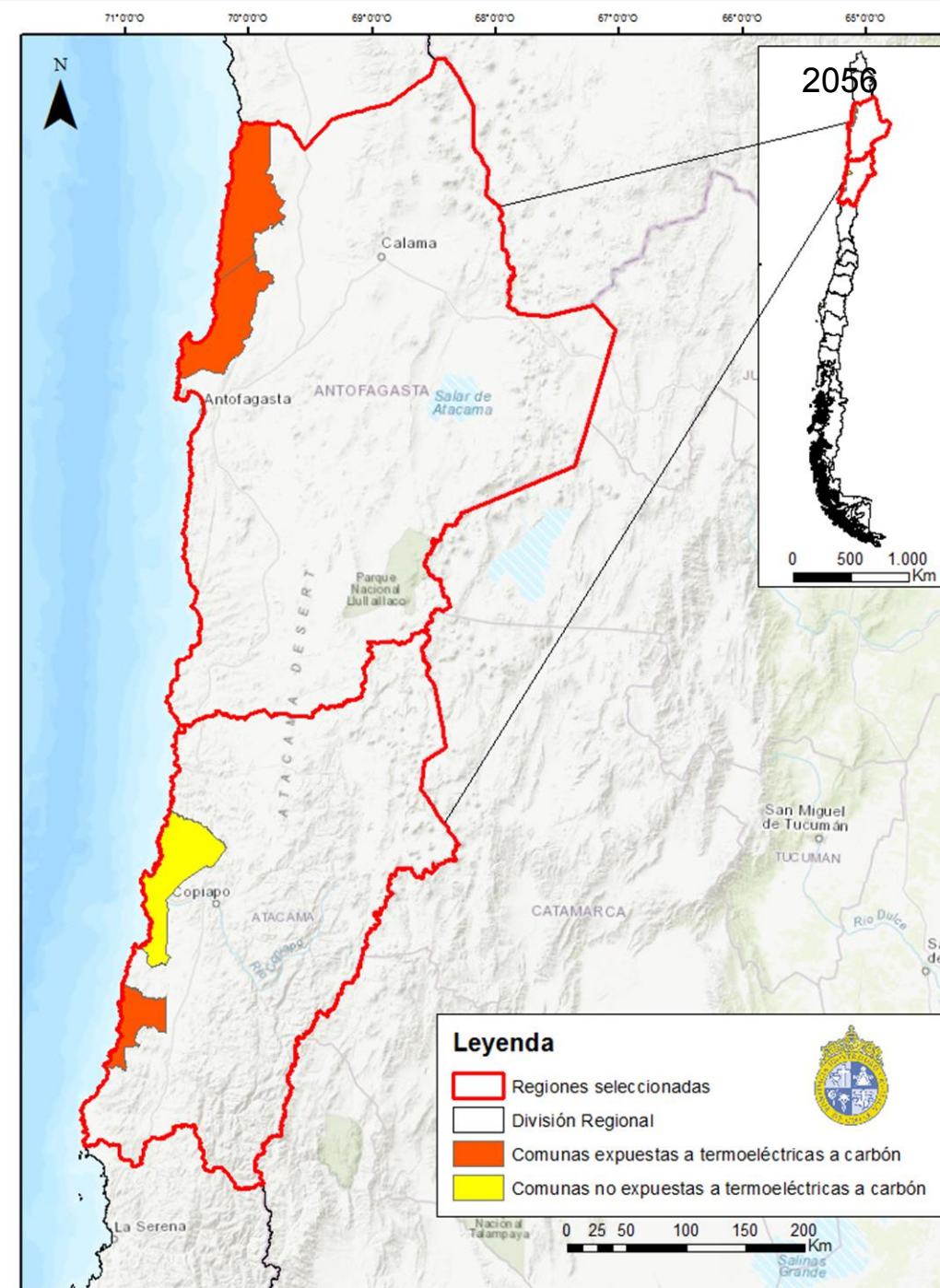
Morbilidad

Egresos hospitalarios (2006-2016)

Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Estimación Población

Estimación por comuna, sexo y grupo etario (2006-2016)



Comparabilidad de las comunas evaluadas, año 2016

Región	Comuna	Exposición CTEC	Emisiones al aire RETC ¹		Datos meteorológicos ²			Plan descontaminación (año) ³
			MP (T/año)	SO ₂ (T/año)	Temperatura (°C)	Humedad del aire (%)	Velocidad del viento (m/s)	
Región de Antofagasta	Mejillones	Exposición exclusiva	4.445,57	21.406,12	s/d	s/d	s/d	No
	Tocopilla	Exposición exclusiva	3.679,71	15.916,00	18,42 (2015)	63,95 (2015)	1,71	Si (2010)
Región de Atacama	Huasco	Exposición exclusiva	1.851,59	10.586,89	15,2	76,97	2,61	Si (2017)
	Caldera	No expuesta	5,2	6,16	s/d	s/d	s/d	No

Fuente: 1 RETC, 2018, 2 SINCA, 2018, 3 MINSEGPRES, 2010 y 2017.

Viviani, G., et al. (2021). "Daños de salud respiratoria en comunas expuestas a centrales termoeléctricas a carbón en el norte de Chile: análisis de datos secundarios." *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias* 37(1): 17-25.

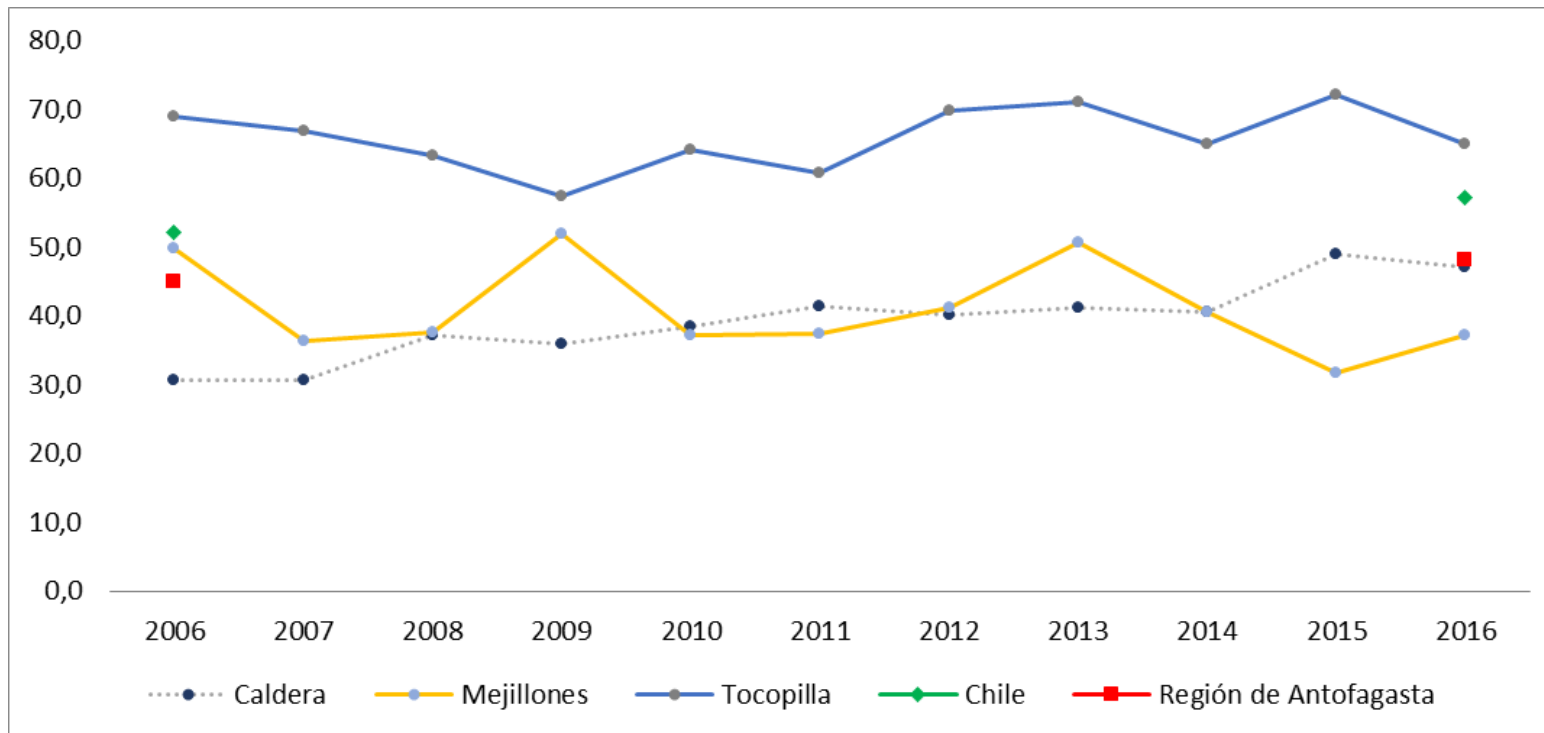
Indicadores de Morbimortalidad asociados a la contaminación del aire

2058

Indicador	Código CIE 10
Enfermedades sistema respiratorio	J00 - J99
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	J40 - J44
Asma	J45 - J46
Enfermedades cerebrovasculares	I60 - I69
Enfermedades cardiovasculares	I00 - I99
Enfermedades isquémicas del corazón	I20 a I25
Bronquitis o bronquiolitis aguda	J20-J21

Mortalidad general en comunas de la Región de Antofagasta

Tasas de mortalidad para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta por 10.000 habs, 2006-2016

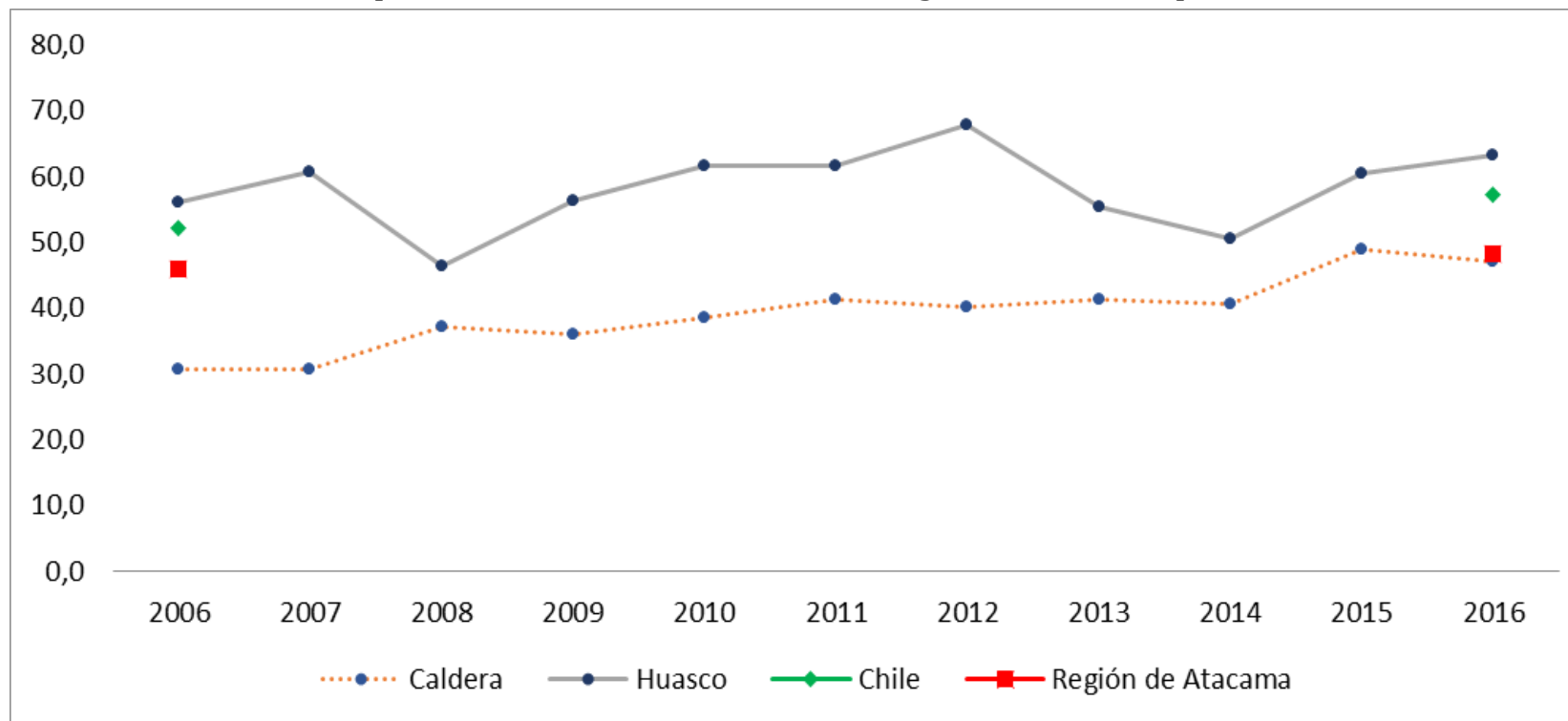


← Destaca Tocopilla

Tasa de mortalidad general x 10.000 habs.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	52,12	45,00
2011	55,05	45,88
2016	57,18	48,27

Mortalidad general en comunas de la Región de Atacama

Tasas de mortalidad para las comunas evaluadas de la región de Atacama por 10.000 habs, 2006-2016

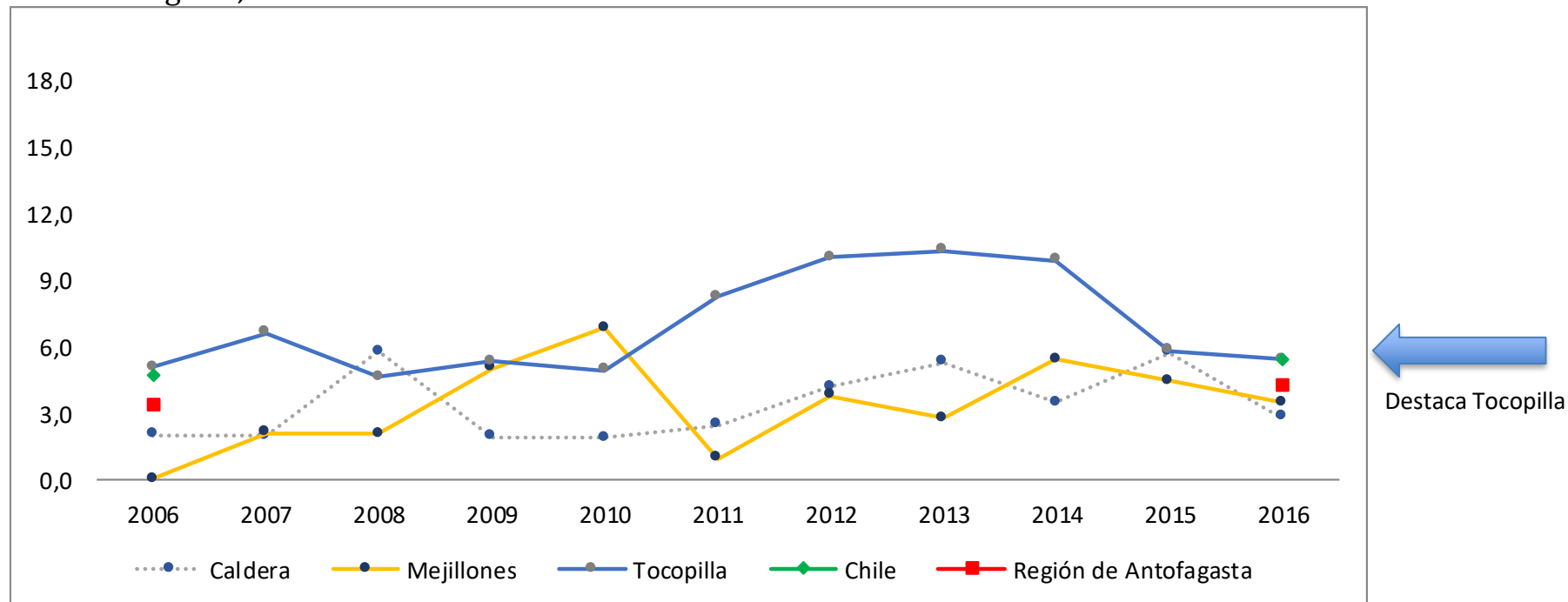


Destaca Huasco

Tasa de mortalidad general x 10.000 habs.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	52,12	45,92
2011	55,05	49,39
2016	57,18	48,25

Mortalidad específica por causas respiratorias en comunas de la Región de Antofagasta

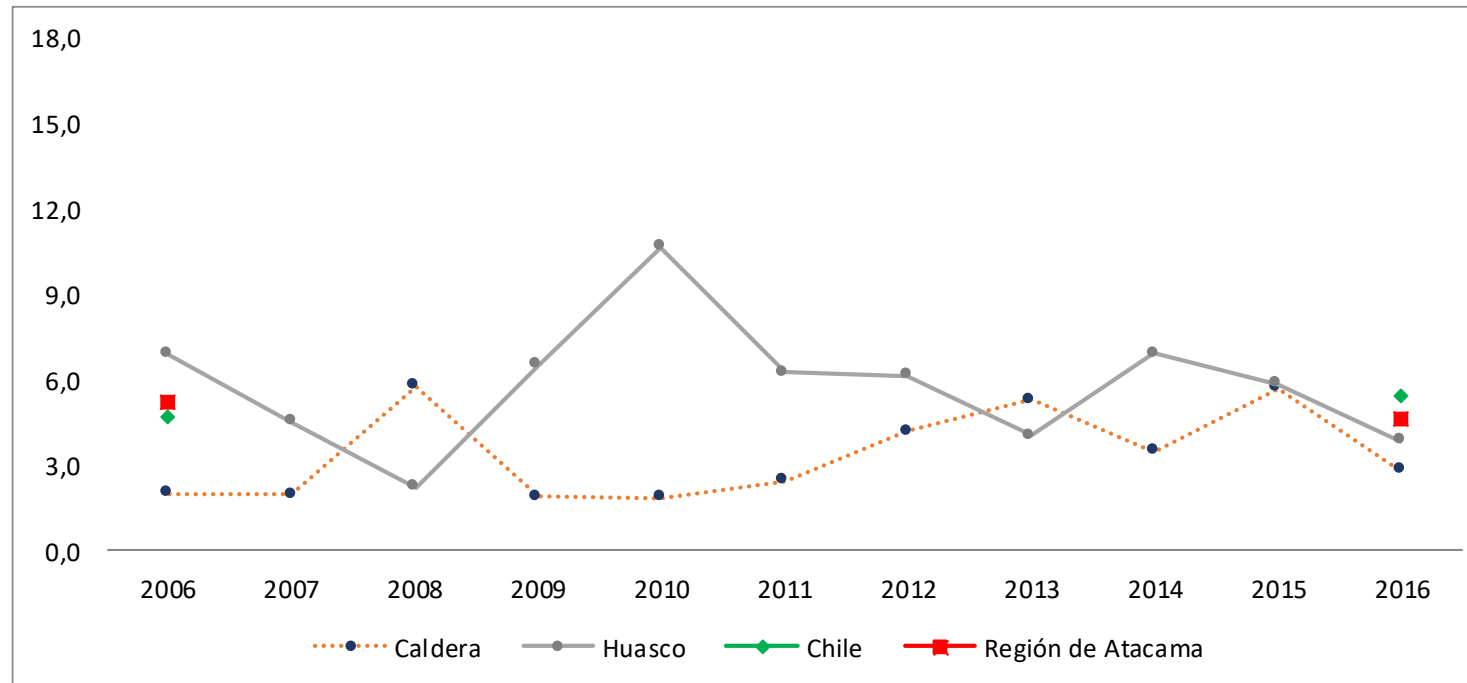
Tasas de mortalidad por enfermedades del **sistema respiratorio** para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta, 2006-2016



Tasa de Mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	4,71	3,32
2011	5,28	4,01
2016	5,41	4,26

Mortalidad específica por causas respiratorias en comunas de la Región de Atacama

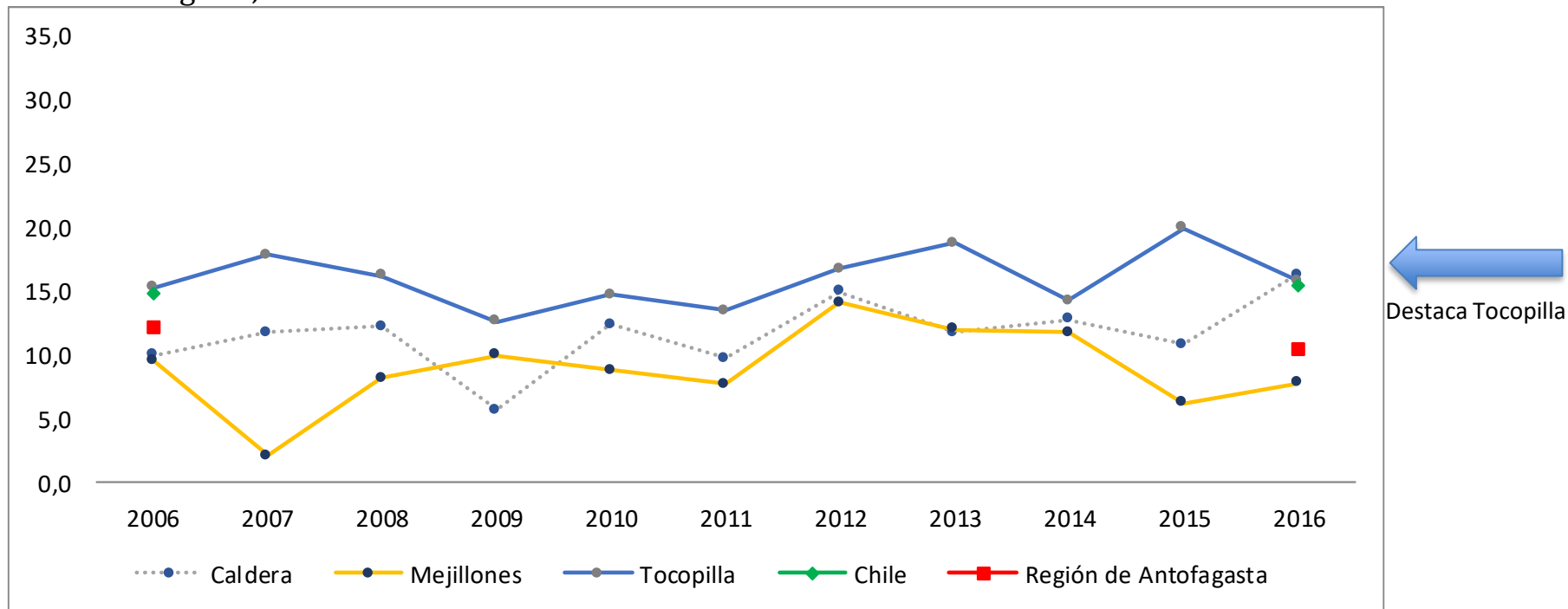
Tasas de mortalidad por enfermedades del **sistema respiratorio** para las comunas evaluadas de la Región de Atacama, 2006-2016



Tasa de Mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	4,71	5,24
2011	5,28	5,55
2016	5,41	4,61

Mortalidad específica por causas cardiovasculares en comunas de la Región de Antofagasta

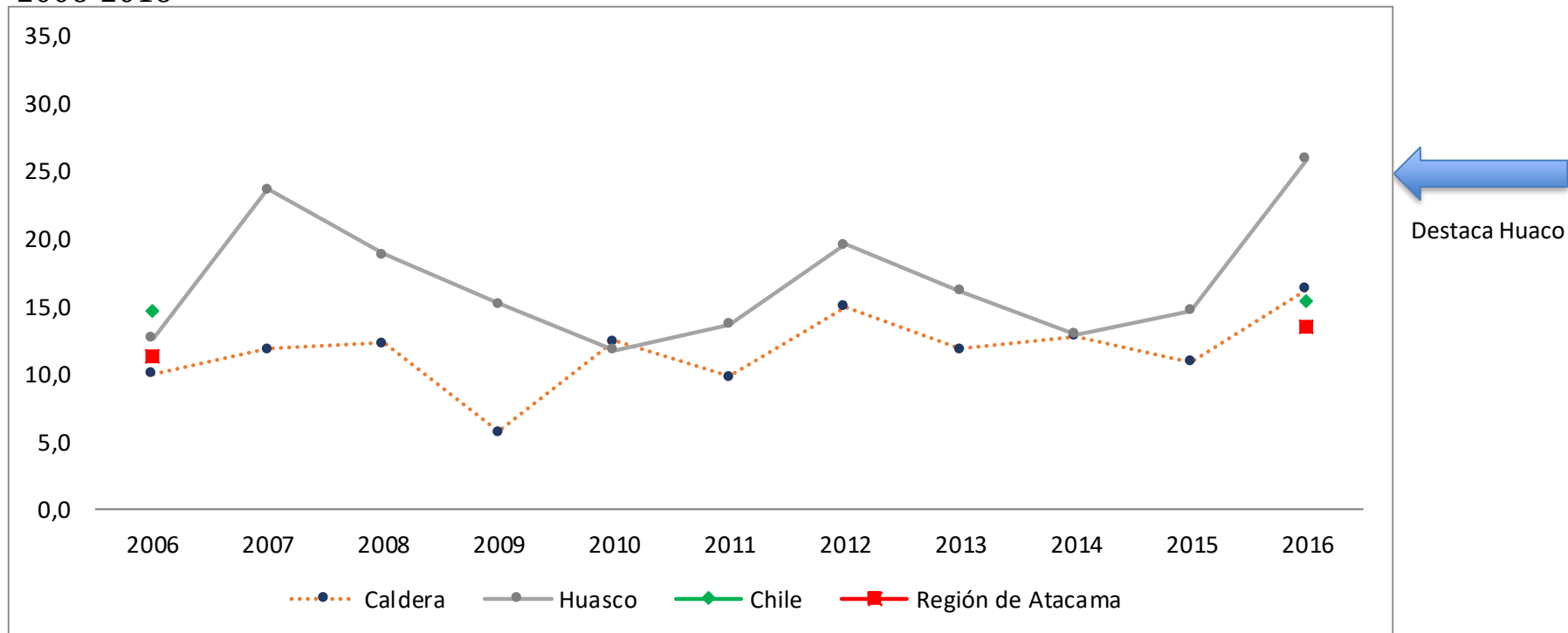
Tasas de mortalidad por **enfermedad cardiovascular** para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta, 2006-2016



Tasa de Mortalidad por enfermedad cardiovascular x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	14,75	12,11
2011	14,92	10,47
2016	15,47	10,38

Mortalidad específica por causas cardiovasculares en comunas de la Región de Atacama

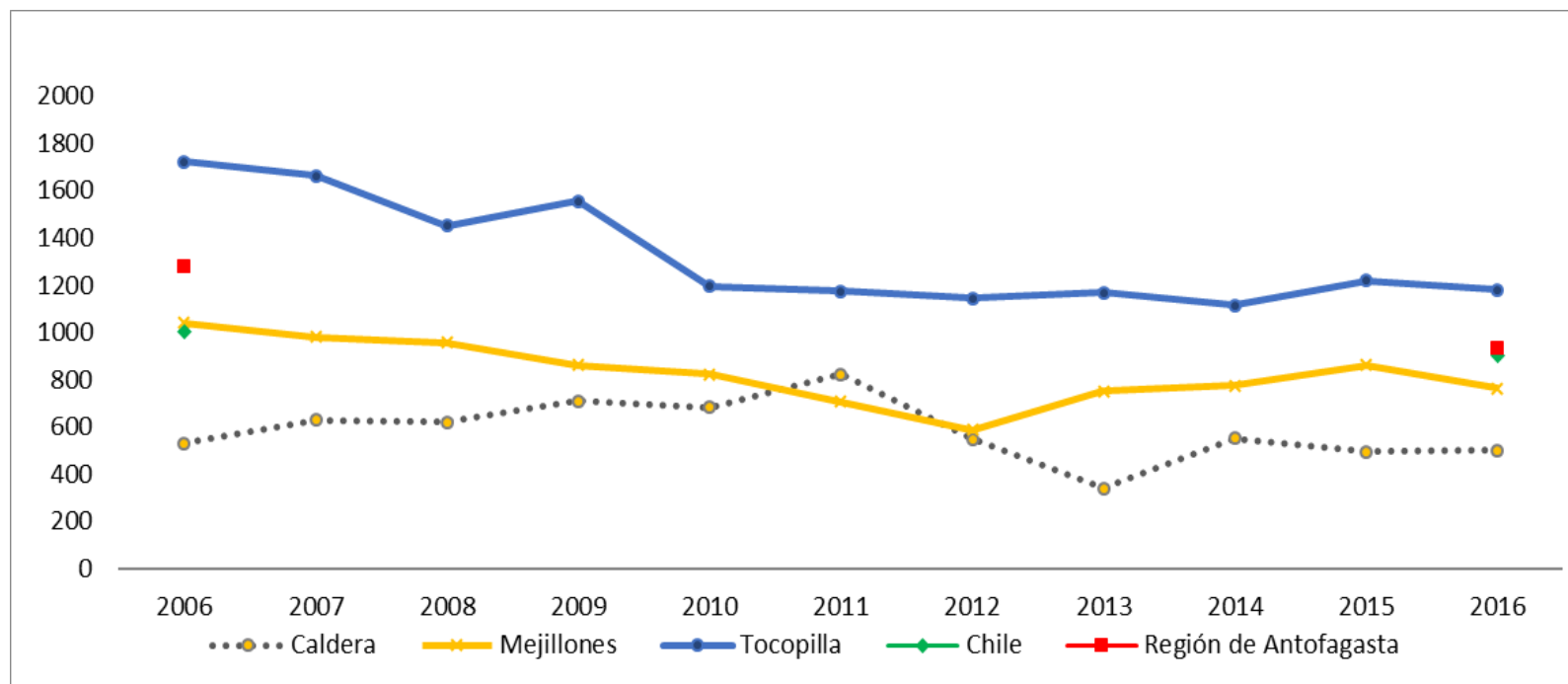
Tasas de mortalidad por **enfermedad cardiovascular** para las comunas evaluadas de la Región de Atacama, 2006-2016



Tasa de Mortalidad por enfermedad cardiovascular x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	14,75	11,33
2011	14,92	11,57
2016	15,47	13,58

Morbilidad general en comunas de la Región de Antofagasta

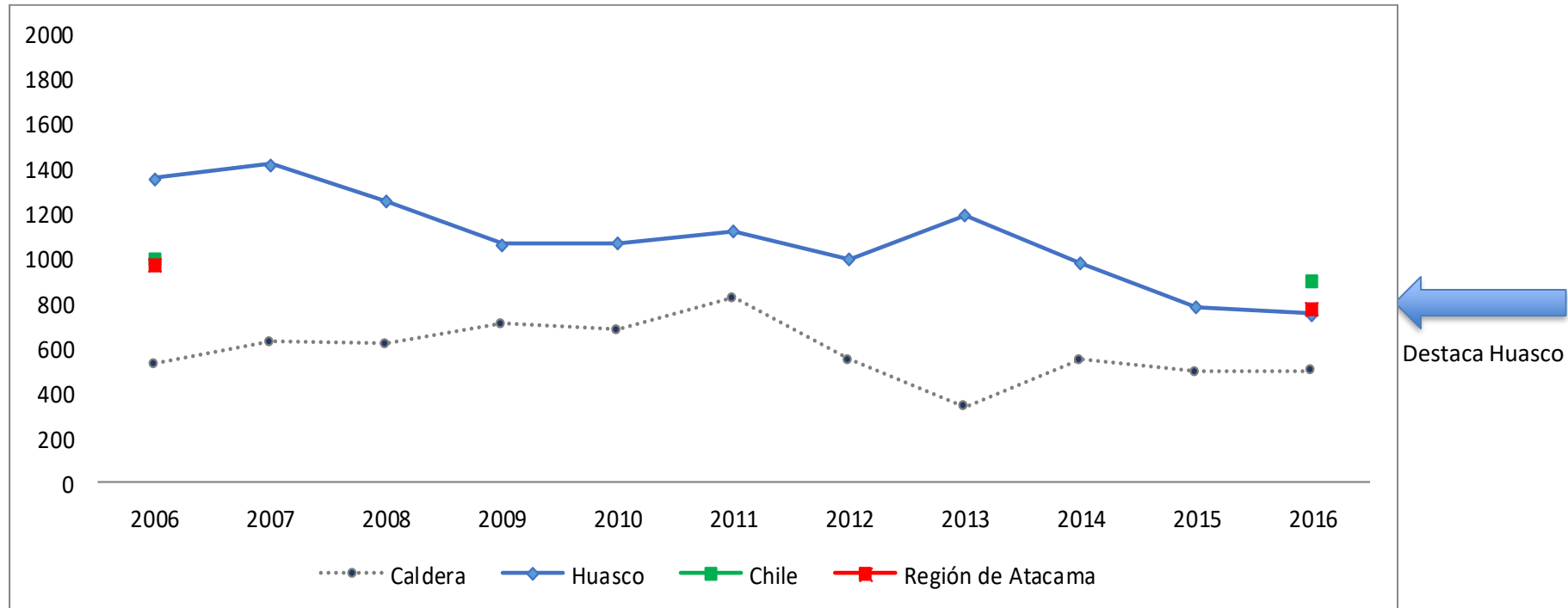
Tasas de morbilidad para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta por 10.000 hab, 2006-2016



Tasa de morbilidad general x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	1002,87	1275,63
2011	955,45	1137,59
2016	899,99	932,15

Morbilidad general en comunas de la Región de Atacama

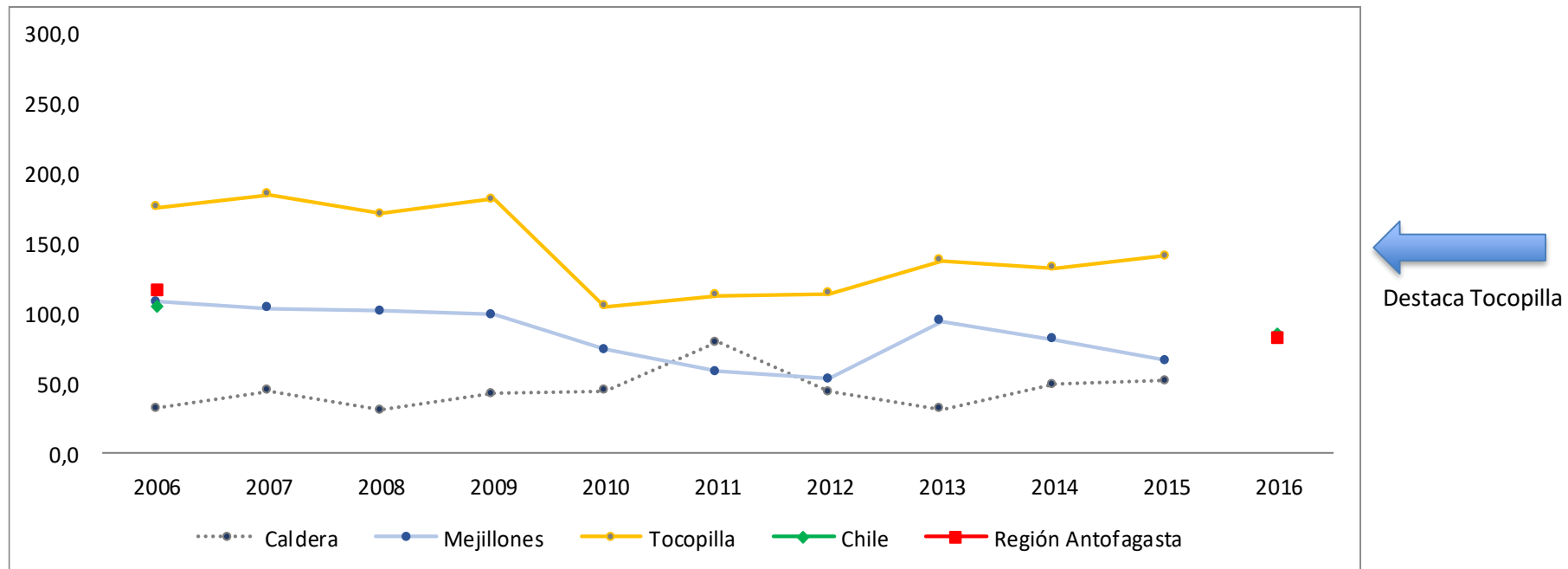
Tasas de morbilidad para las comunas evaluadas de la región de Atacama por 10.000 hab, 2006-2016



Tasa de morbilidad general x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	1002,87	976,31
2011	955,45	1121,35
2016	899,99	773,94

Morbilidad específica por causas respiratorias en comunas de Región de Antofagasta

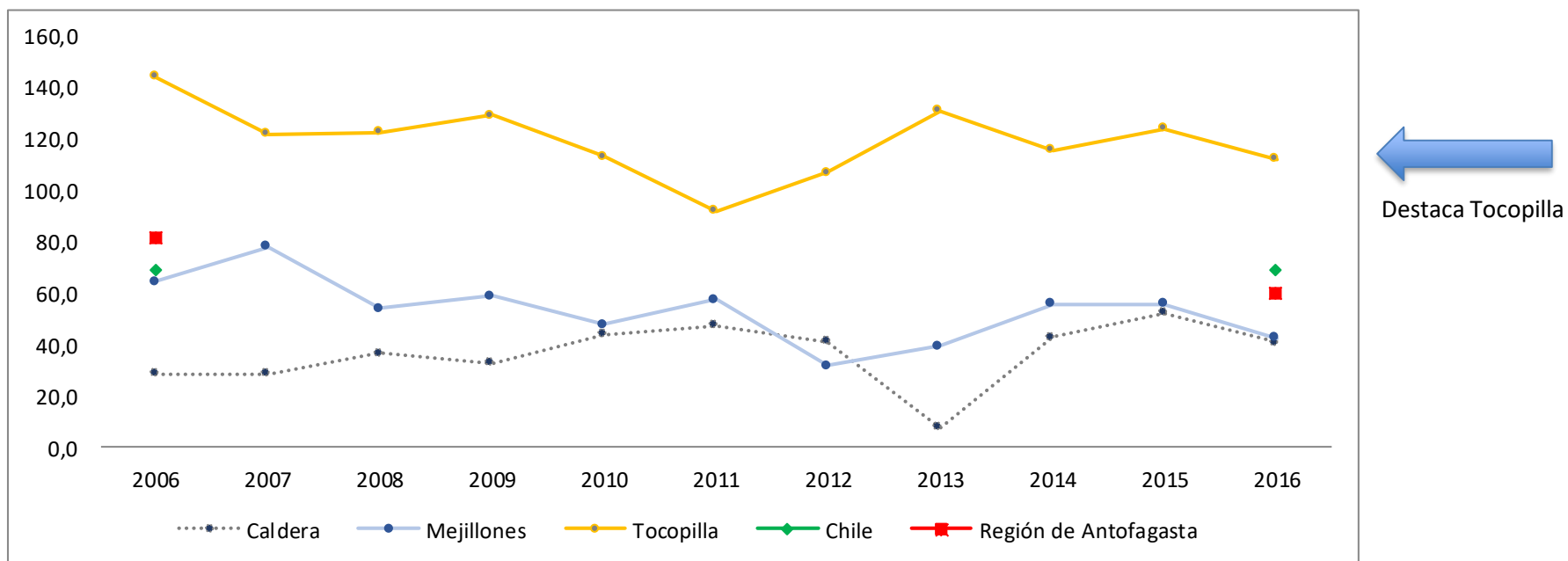
Tasas de morbilidad por egresos hospitalarios enfermedades del **sistema respiratorio** para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta, 2006-2016



Tasa de Morbilidad por enfermedades del sistema respiratorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	104,67	117,70
2011	95,96	95,57
2016	85,93	82,58

Morbilidad específica por causas cardiovasculares en comunas de Región de Antofagasta

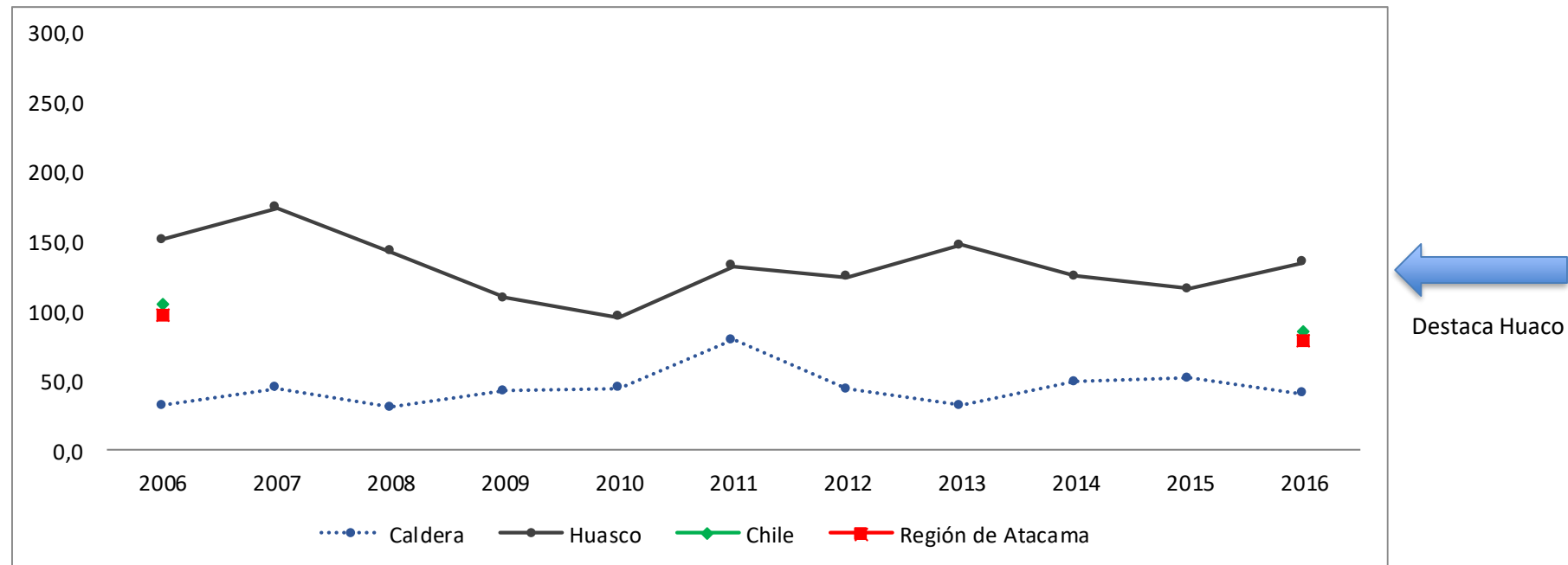
Tasas de morbilidad por egresos hospitalarios de enfermedades del **sistema circulatorio** para las comunas evaluadas de la región de Antofagasta, 2006-2016



Tasa de Morbilidad por enfermedades del sistema circulatorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Antofagasta
2006	69,32	81,86
2011	72,12	80,04
2016	69,24	60,11

Morbilidad específica por causas respiratorias en comunas de Región de Atacama

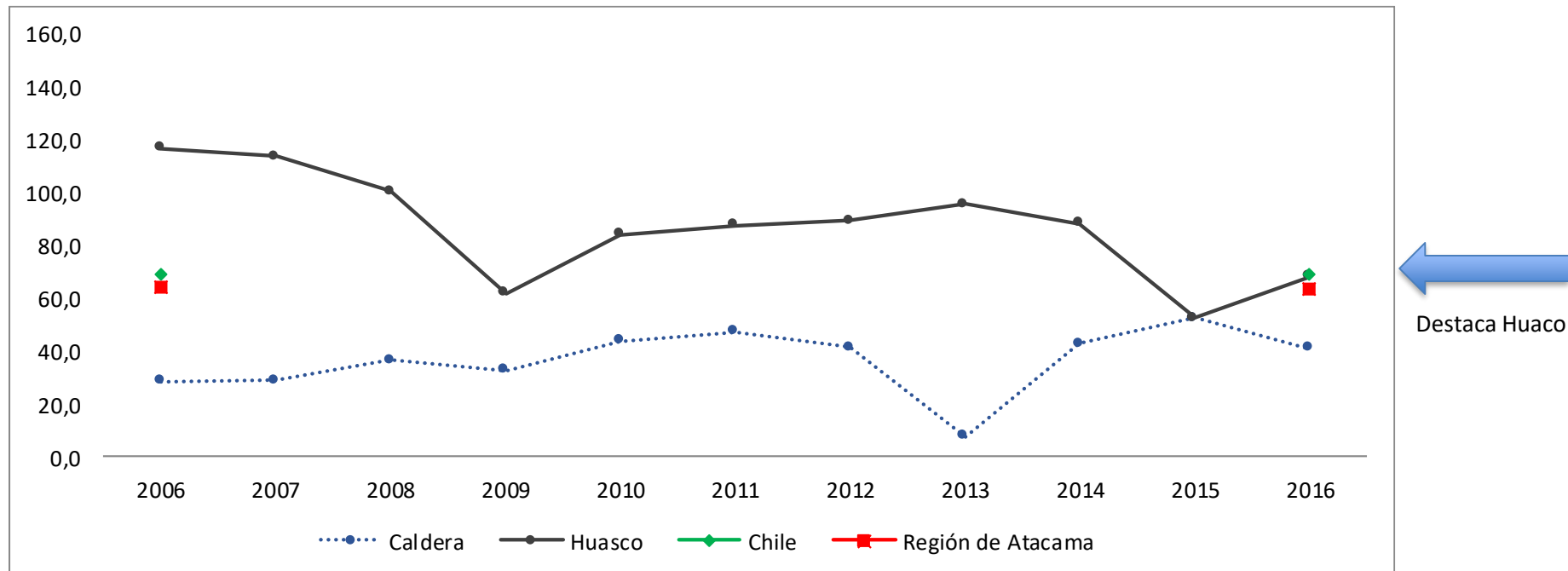
Tasas de morbilidad por egresos hospitalarios enfermedades del **sistema respiratorio** para las comunas evaluadas de la región de Atacama, 2006-2016



Tasa de Morbilidad por enfermedades del sistema respiratorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	104,67	97,96
2011	95,96	123,51
2016	85,93	79,41

Morbilidad específica por causas circulatorias en comunas de Región de Atacama

Tasas de morbilidad por egresos hospitalarios de enfermedades del **sistema circulatorio** para las comunas evaluadas de la región de Atacama, 2006-2016



Tasa de Morbilidad por enfermedades del sistema circulatorio x 10.000 hab.		
Año	Chile	Región Atacama
2006	69,32	64,35
2011	72,12	73,04
2016	69,24	63,34

Morbilidad por causas respiratorias según grupos de edad

2071

Grupos de edad	Chile	Antofagasta	Atacama	Tocopilla	Huasco	Caldera	Mejillones
0-5	342,7	295,2	269,1	414,2	251,0	189,5	226,0
6-13	68,6	80,7	82,5	125,6	81,8	46,5	42,4
14-18	30,1	33,8	23,8	33,9	27,6	0,0	25,1
>18	65,3	59,6	59,3	137,3	140,0	24,1	72,9
Total	85,9	82,5	79,4	152,4	135,2	40,9	80,5

Tasa de morbilidad específica por 10.000 hbtes.

Razón de Morbilidad Estandarizada general (RmorbilidadE) 2016

RmorbilidadE	Morbilidad General respecto al país, año 2016			Morbilidad General respecto a la región, año 2016		
	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior
Región Antofagasta y Atacama						
Caldera	0,58	0.54	0.62	0,66	0.61	0.70
Mejillones	0,89	0.83	0.95	0,83	0.77	0.88
Tocopilla	1,34	1.29	1.38	1,25	1.21	1.29
Huasco	0,84	0.78	0.90	0,96	0.89	1.02

Tocopilla tiene un riesgo un 34% superior de presentar egresos hospitalarios respecto al país, y un 25% superior respecto a la región. Los riesgos son estadísticamente significativos.

RmorbilidadE por enfermedades respiratorias 2016

RmorbilidadE	Morbilidad por enfermedades del sistema respiratorio respecto al país , año 2016			Morbilidad por enfermedades del sistema respiratorio respecto a la región, año 2016		
Región Antofagasta y Atacama	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior
Caldera	0.48	0.37	0.59	0.53	0.41	0.65
Mejillones	1.00	0.80	1.20	1.00	0.79	1.20
Tocopilla	1.76	1.59	1.93	1.75	1.58	1.92
Huasco	1.53	1.28	1.79	1.65	1.38	1.93

Tocopilla presenta un 76% más de riesgo de enfermarse por causas respiratorias respecto a la tasa de morbilidad del país, y un 75% más de riesgo respecto a la región. Huasco, presenta un 53% más riesgo de enfermarse por causas respiratorias respecto a la tasa de morbilidad del país, y un 65% más de riesgo respecto a la región. Los riesgos son estadísticamente significativos.

RmorbilidadE por enfermedades circulatorias 2016

RmorbilidadE	Morbilidad por enfermedades del sistema circulatorio respecto al país, año 2016			Morbilidad por enfermedades del sistema circulatorio respecto a la región, año 2016		
	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior	RME	I.C. Inferior	I.C. Superior
Región Antofagasta y Atacama						
Caldera	0.69	0.53	0.84	0.69	0.53	0.85
Mejillones	0.79	0.57	1.01	0.76	0.55	0.97
Tocopilla	1.61	1.43	1.79	1.57	1.39	1.74
Huasco	0.94	0.72	1.16	0.95	0.73	1.17

El riesgo de enfermar por patologías del sistema circulatorio en los habitantes de Tocopilla es 61% más alto respecto al país y 57% más alto respecto a la región. Ambos riesgos son estadísticamente significativos.

Evidencia científica en niños generada por investigación con datos primarios

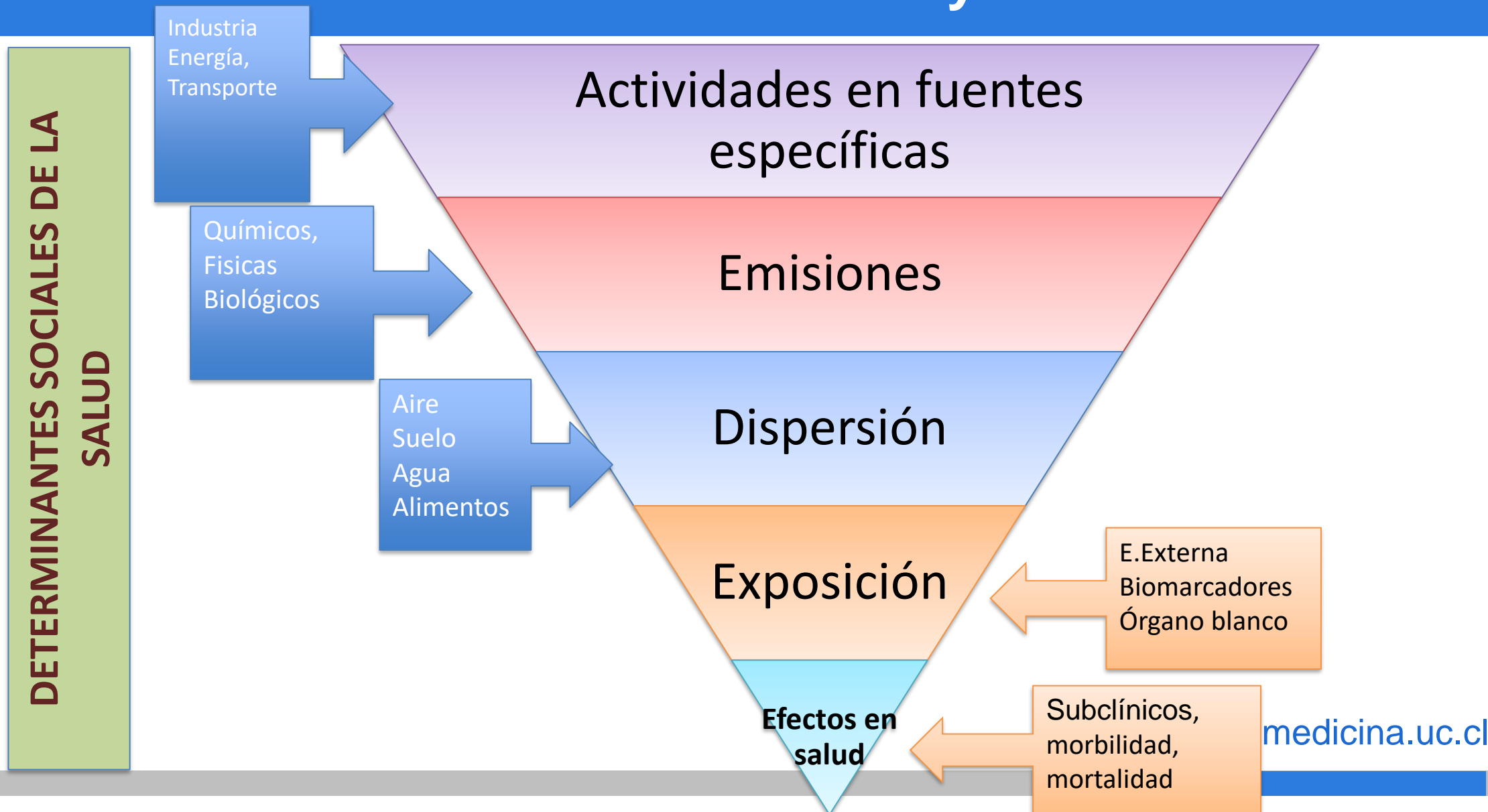
- Las centrales termoeléctricas (CTE) a carbón representan un riesgo para la salud de las comunidades expuestas.
- La exposición a emisiones de CTE a carbón en el embarazo se asoció a niños con bajo peso y muy bajo peso al nacer, menores características antropométricas y prematuridad; estas condiciones mejoran después del cierre de CTE.
- Se observa menor coeficiente de desarrollo (CD) en niños expuestos a emisiones de CTE a carbón comparados con no expuestos; CD aumentó cuando la central fue cerrada.
- Vivir en zonas con fuentes de emisión de mercurio (asociadas a CTE y plantas de cemento que funcionan con carbón) se asocian con mayor riesgo de autismo.
- Niños con alteraciones respiratorias expuestos a contaminantes generados por CTE van reducida su función pulmonar mucho mas que niños sanos.

Evidencia científica en comunidades expuestas a CTE por investigación con datos secundarios

- El riesgo de morir por cualquier causa en las comunas de Tocopilla, es mayor que lo esperado en Chile y en su región.
- Las tasas de mortalidad son bajas y en particular las mortalidades específicas, con estimaciones de baja precisión.
- En morbilidad general, la comuna de **Tocopilla**, presenta mayor riesgo de hospitalización respecto a Chile y la región.
- Las patologías más relevantes son las enfermedades asociadas a sistema respiratorio, las que muestran mayores riesgos en las comunas de **Tocopilla y Huasco**

- Los resultados obtenidos son una primera aproximación al estado de salud de las comunidades evaluadas, usando datos de salud recolectados de manera rutinaria en centros y hospitales.
- Los hallazgos de este estudio se deben interpretar a nivel agrupado, dado que no exploran otras condiciones asociadas a nivel individual.
- Urgencia de establecer una agenda de investigación integrada para medir el rol de variables específicas para las alteraciones respiratorias y cardiovasculares identificadas como las más relevantes en la población.
- Acelerar las acciones estructurales para cortar la exposición a las CTE

Reflexiones considerando la Cadena entre salud y ambiente



¡ Muchas gracias !

scortesn@uc.cl

Normativa Ambiental y Parámetros Operacionales de Unidades Generadoras

2080

5

IGUALDAD
DE GÉNERO



7

ENERGÍA ASEQUIBLE
Y NO CONTAMINANTE



12

PRODUCCIÓN
Y CONSUMO
RESPONSABLES



13

ACCIÓN
POR EL CLIMA



17

ALIANZAS PARA
LOGRAR
LOS OBJETIVOS



TEMARIO



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embankamiento Unidades



Uso de Parámetros en
Programación y Operación



TEMARIO



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embancamiento Unidade



Uso de Parámetros en
Programación y Operación



La NTSyCS, contempla **4 Anexos Técnicos**, cuyo fin es determinar los Parámetros Operacionales de las Unidades Generadoras:

Anexos Técnicos:

- I. Pruebas de **Potencia Máxima** en Unidades Generadoras → Vigente desde **diciembre 2015**.
- II. Determinación de **Mínimos Técnicos** en Unidades Generadoras → Vigente desde **diciembre 2015** (valores calculados acorde a Res. Exta N°340/2014 siguen válidos).
- III. Determinación de **Parámetros para los Procesos de Partida y Detención** de Unidades Generadoras → Vigente desde **diciembre 2015**.
- IV. Determinación de **Consumos Específicos** de Unidades Generadoras → Vigente desde **agosto 2017** (valores calculados acorde a Res. Exta N°263/2014 siguen válidos).

Estos 4 Anexos Técnicos aplican a todas las unidades generadoras, ya sean Convencionales (térmicas, hidráulicas), ERNC (eólica, fotovoltaicas, geotermia, mini hidro), Autoproductores y PMG.
Sólo excluye a los PMGD.

Embancoamiento de Unidades no está definido en Anexos Técnicos



El proceso de determinación y aprobación de los parámetros operacionales tiene dos vías principales:

Informe Técnico elaborado por Empresa
Generadora: Pmin y Part/Det

Ejecución de Pruebas lideradas por
Coordinador: Pmax y CEN

Excepciones a lo anterior, según **parámetro operacional**, tipo de **tecnología** de la unidad generadora y de su **potencia**.



TEMARIO



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embankamiento Unidade



Uso de Parámetros en
Programación y Operación



1. Mínimo Técnico (Pmin), Art. 4 y 8

- Potencia Activa Bruta Mínima con la cual una unidad puede **operar en forma permanente**, segura y estable inyectando energía al SI en forma continua.
- **NO DEBE CONSIDERAR** restricciones medioambientales, de transmisión, convenios de riego, etc.
- Pmin, Pmin ambiental, Pmin con CF activo, Pmin asociado a excedentes (cogeneración).

2. Proceso Determinación de Pmin (Titulo II al V)

- En una **1ª etapa requiere envío Informe Técnico**, en una **2ª etapa** puede requerir **ejecución de Ensayos** → Informe Pmin es público, y puede ser observado por todos los Coordinados.
- COORDINADOR puede requerir verificar Pmin en función de registros operación real disponibles → *solicita a Empresa Generadora actualizar acorde a lo definido en Anexo.*
- Empresa Generadora puede **actualizar Pmin** en casos técnicamente justificados (Art. 7):
 - Cambio características técnicas de Unidad por reparaciones.
 - Implementación de mejoras o avances tecnológicos.
 - Registro de problemas técnicos que impidan a la unidad operar en el valor informado.

Se consideran 3 Mínimos Técnicos: Pmin Termodinámico, Pmin Ambiental y Pmin con CF activo.

➤ **Pmin Termodinámico:**

- Características propias del fabricante.
- Sistemas de control (estabilidad de llama, N° pulverizadores en servicio).

➤ **Pmin acorde a Normativa Ambiental (DS 13):**

- Emisiones por unidad: NOx, SO₂, CO.
- RCA: puede afectar generación del conjunto de unidades de una zona.

➤ **Pmin con Controlador de Frecuencia activo:**

- Estabilidad de la unidad.

MÍNIMOS TÉCNICOS

Central	Unidad	Configuración	Combustible	Mínimo Técnico previo a la aprobación [MW]	Mínimo Técnico según Anexo Técnico [MW]	Mínimo Técnico que respeta la normativa Ambiental [MW]
TERMOELÉCTRICA TOCOPILLA	U16	TOCOPILLA-U16_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	159,00	110,00	110,00
		TOCOPILLA-U16_TG1_GNL	Gas Natural	75,00	50,00	50,00
ATACAMA	CC1 y CC2	ATACAMA-1TG1A_TG1A_GNL	Gas Natural	95,00	25,00	63,00
		ATACAMA-1TG1B_TG1B_GNL				
		ATACAMA-1TG1A_TG1A+0.5TV1_GNL				
		ATACAMA-1TG1B_TG1B+0.5TV1_GNL				
		ATACAMA-1TG1AB_TG1A+TG1B+TV1_GNL	Gas Natural	310,00	121,00	224,00
QUINTERO	QUINTERO 1 y 2	-	Gas Natural	70,00	5,00	65,00
TER MEJILLONES	CTM3	MEJILLONES-CTM3_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	160,00	80,00	80,00
		MEJILLONES-CTM3_TG1_GNL	Gas Natural	100,00	40,00	40,00
Candelaria	Candelaria TG1	Candelaria TG1 y TG2 (Gas Natural)	Gas Natural	60,00	18,50	60,00
Taltal	Taltal 1 y 2	TALTAL-1_GNL	Gas Natural	65,00	5,00	63,00
Kelar	Kelar TG1 y TG2	KELAR TG1 y TG2 (Gas Natural)	Gas Natural	96,00	6,00	74,00
		KELAR TG1 + KELAR TG2 (Gas Natural)	Gas Natural	158,26	12,00	148,00
		KELAR TG1 + 0.5 KELAR TV (Gas Natural)	Gas Natural	152,00	102,00	127,00
		KELAR TG1 + KELAR TG2 + KELAR TV (Gas Natural)	Gas Natural	316,00	230,00	264,00
COLMITO	Colmito	Colmito (Gas Natural)	Gas Natural	25,00	4,00	18,00
SAN ISIDRO I	San Isidro 1	SANISIDRO-1_TG1_GNL	Gas Natural	130,00	14,00	113,00
		SANISIDRO-1_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	200,00	83,00	177,00
SAN ISIDRO II	San Isidro 2	SANISIDRO-2_TG1_GNL	Gas Natural	104,60	14,00	105,00
		SANISIDRO-2_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	169,00	69,00	169,00
Coronel	Coronel TG	CORONEL_GNL	Gas Natural	15,00	5,00	18,00
Nehuenco I	Nehuenco I	NEHUENCO-1_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	260,00	195,00	253,00
Nehuenco II	Nehuenco II	NEHUENCO-2_TG1+TV1_GNL	Gas Natural	260,00	221,00	221,00
Nehuenco 9B	Nehuenco III 1	NEHUENCO-9B_GNL	Gas Natural	60,00	13,40	60,00

MÍNIMOS TÉCNICOS

Central	Unidad	Configuración	Combustible	Mínimo Técnico previo a la aprobación. [MW]	Mínimo Técnico según Anexo Técnico [MW]	Mínimo Técnico que respeta la normativa Ambiental [MW]
ATACAMA	CC1 y CC2	ATACAMA-1TG1A_TG1A_DIESEL ATACAMA-1TG1B_TG1B_DIESEL	Diésel	95,00	27,00	31,00
		ATACAMA-1TG1A_TG1A+0.5TV1_DIESEL ATACAMA-1TG1B_TG1B+0.5TV1_DIESEL	Diésel	155,00	83,00	91,00
		ATACAMA-1TG1AB_TG1A+TG1B+TV1_DIESEL	Diésel	310,00	118,00	127,00
		-	Diésel	-	-	-
Santa Lidia	Santa Lidia 1	-	Diésel	60,00	5,00	30,00
Los Vientos	Los Vientos 1	-	Diésel	60,00	5,00	30,00
Candelaria	Candelaria TG1 y TG2	Candelaria TG1 (Diesel)	Diésel	60,00	18,50	40,00
Taltal	Taltal 1 y 2	TALTAL-1 DIESEL	Diésel	70,00	5,00	63,00
Kelar	Kelar TG1 y TG2	KELAR TG1 (Diesel) KELAR TG2 (Diesel)	Diésel	90,00	6,00	90,00
		KELAR TG1 + KELAR TG2 (Diesel)	Diésel	149,38	12,00	180,00
		KELAR TG1 + 0.5 KELAR TV (Diesel) KELAR TG2 + 0.5 KELAR TV (Diesel)	Diésel	146,00	100,00	146,00
		KELAR TG1 + KELAR TG2 + KELAR TV (Diesel)	Diésel	292,00	213,00	302,00
Coronel	Coronel TG	CORONEL_DIESEL	Diésel	15,00	5,00	18,00
Nueva Renca	Nueva Renca	NUEVARENCA_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	200,00	205,00	205,00
Los Guindos	Los Guindos G1	-	Diésel	65,00	30,00	65,00
SAN ISIDRO I	San Isidro 1	SANISIDRO-1_TG1_DIESEL	Diésel	215,00	13,00	198,00
		SANISIDRO-1_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	310,00	78,00	284,00
SAN ISIDRO II	San Isidro 2	SANISIDRO-2_TG1_DIESEL	Diésel	216,00	13,00	199,00
		SANISIDRO-2_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	315,00	65,00	292,00
Nehuenco	Nehuenco I	NEHUENCO-1_TG1_DIESEL	Diésel	160,00	20,00	145,00
		NEHUENCO-1_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	280,00	185,00	225,00
Nehuenco II	Nehuenco II	NEHUENCO-2_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	260,00	195,00	195,00
Los Guindos	Los Guindos G2	-	Diésel	Nota 4	30,00	65,00
TER MEJILLONES	CTM3	MEJILLONES-CTM3_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	160,00	80,00	80,00
		MEJILLONES-CTM3_TG1_DIESEL	Diésel	100,00	40,00	40,00
TER Tocopilla	TER Tocopilla U16-TG-TV	TOCOPILLA-U16_TG1+TV1_DIESEL	Diésel	110,00	145,00	145,00

TEMARIO

2090



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embancamiento Unidade



Uso de Parámetros en
Programación y Operación



1. Proceso de Partida → Tiempo de Partida

- Proceso desde que unidad está en **Estado de Apagado** hasta **Pmin**.
- En unidades con turbina a vapor se definen al menos **estado en frío y caliente**. Usualmente existe un estado intermedio denominado **tibio**.
- Se determina **Combustible / Energía Eléctrica consumida** en proceso (SS/AA de la unidad).

2. Proceso de Detención → Tiempo de Detención

- Proceso desde que unidad está a **Pmin** hasta el **Estado de Apagado**.
- Se determina **Combustible / Energía Eléctrica consumida** en proceso (SS/AA de la unidad).

3. Estado de Apagado

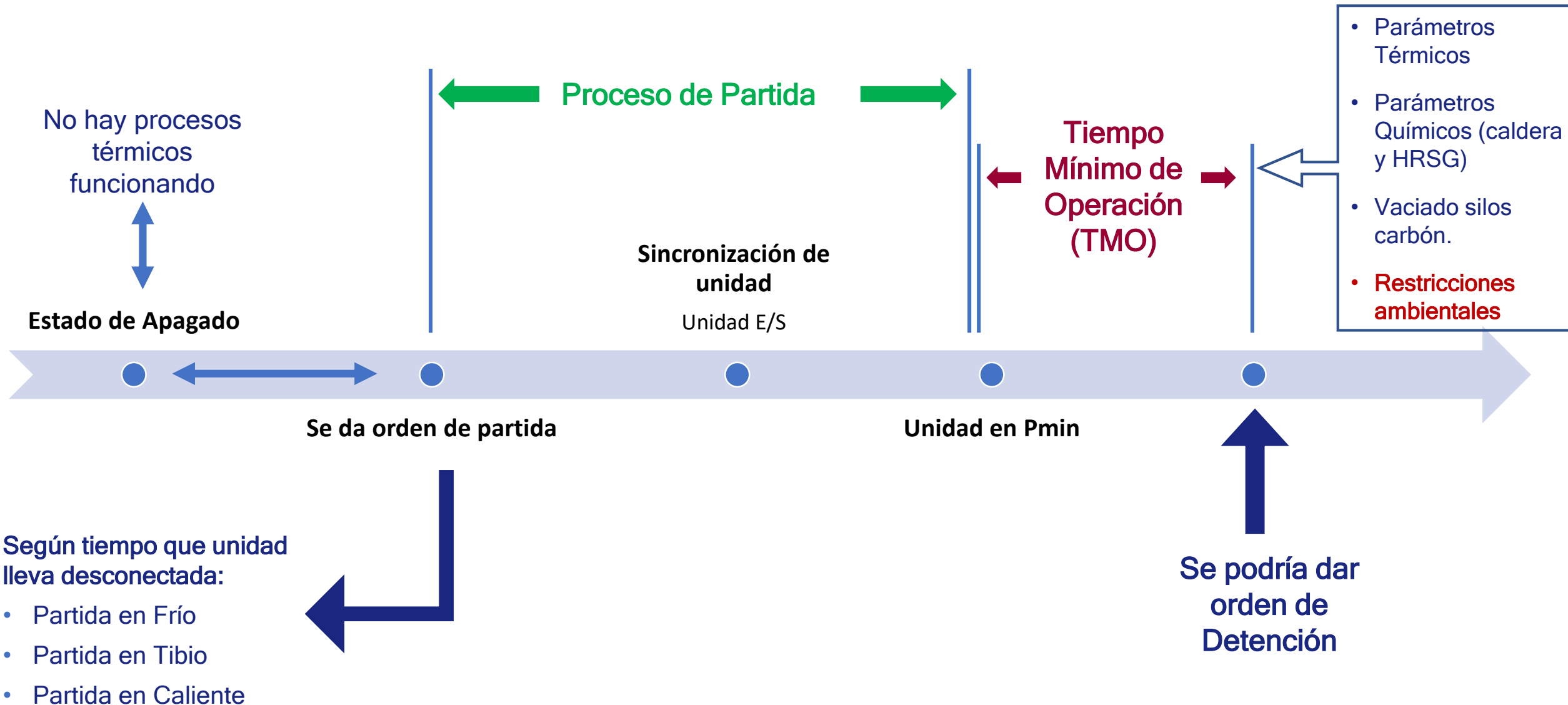
- **Estado Apagado** es cuando la **Unidad** está **completamente detenida**.
- En centrales térmicas, se requiere además que **no hayan procesos térmicos funcionando**.
- Estado de Apagado es **≠** Condición Fuera de Servicio.
- **Condición Fuera de Servicio**: unidad desconectada de SI → no inyecta energía.

4. Otros Parámetros relevantes

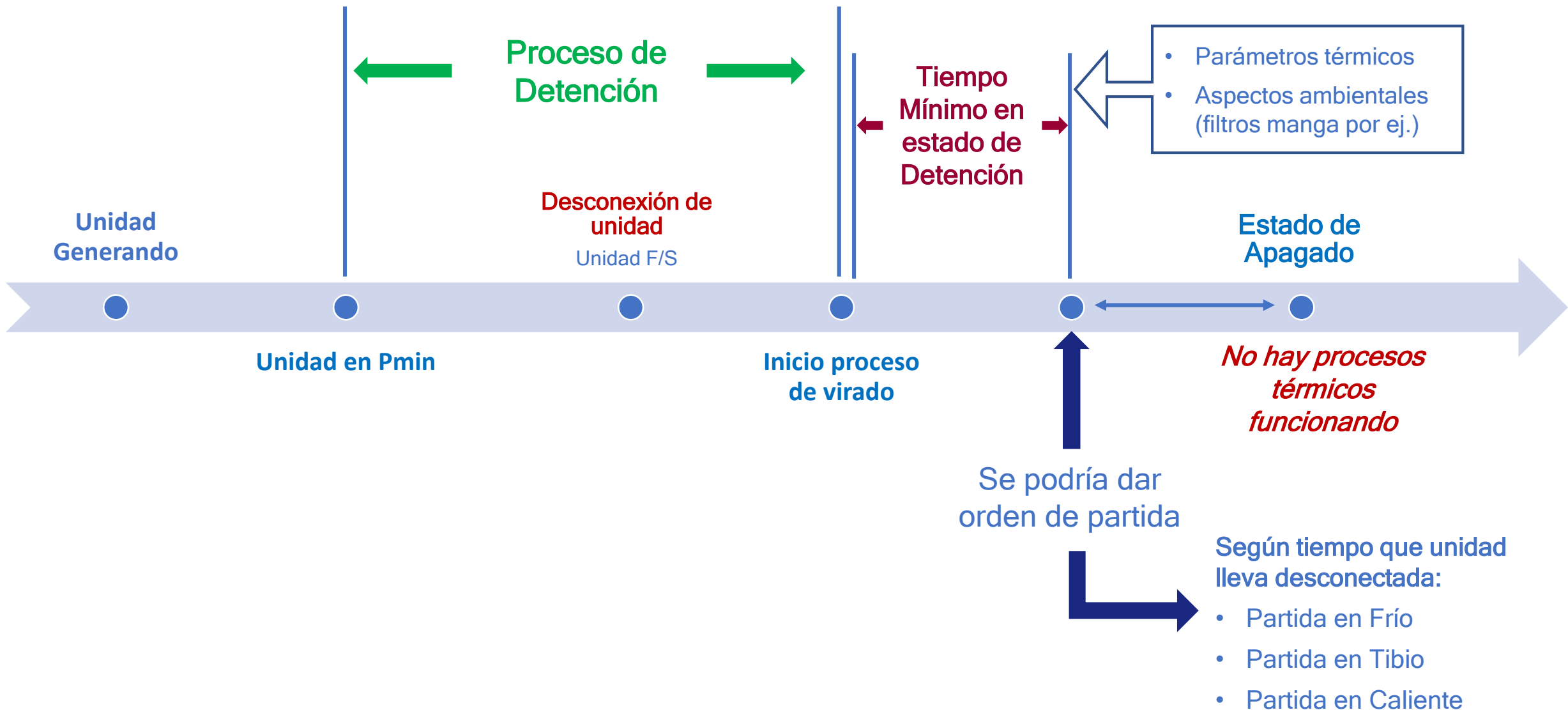
- **Tiempo mínimo de operación (TMO):** concluido Proceso Partida (unidad a Pmin), es el mínimo tiempo E/S antes de poder iniciar un proceso de detención.
- **Tiempo mínimo en estado de detención:** mínimo tiempo que debe transcurrir desde la detención hasta dar orden de partida.
- *Estado caliente - tibio - frío:* se definen según el **tiempo** que la unidad ha estado desconectada.

5. Proceso Determinación Parámetros Partida/Detención → Símil a Pmin

- En una **1ª etapa requiere envío Informe Técnico**, en una **2ª etapa** puede requerir **ejecución de Ensayos** → Informe Part/Det es público, y puede ser observado por todos los Coordinados.
- **Coordinador** puede requerir actualizar Parámetros en función de registros operación real disponibles → *solicita a Empresa Generadora actualizar acorde a lo definido en Anexo.*
- **Empresa Generadora** puede **actualizar Parámetros** en casos justificados:
 - Cambio características técnicas de Unidad producto de un Mantenimiento Mayor.
 - Implementación de mejoras o avances tecnológicos.



PROCESO DE DETENCIÓN



Las restricciones de TMO, pueden ser controladas con aplicación de metodologías específicas, técnicamente posibles, por ejemplo:

- a) **Tiempo de vaciado de silos de carbón:** modificar gestión de control de nivel de silos.
 - Instalación o aplicación de **equipos de monitoreo** en silos para control de temperatura del carbón.
 - **Medición** de formación de **CO**, control de temperatura, supresores de fuego en silos como ambiente de nitrógeno.
 - Vaciado de silos por **by-pass de alimentadores**.

- b) **Parámetros químicos de Caldera para carboneras (sílice, PH, etc.) y de HRSG para ciclos combinados:**
 - Equipos de control automático de **inyección de productos** para **control** de parámetros químicos.
 - **Mejores políticas** de control de químicos durante la **detención y el arranque**.

- c) **Estabilización de parámetros térmicos de Caldera y Turbinas asociados a Stress Térmico**
 - Políticas de **control** de **proceso** durante el **arranque**, y estudios de **temperaturas** de estabilizaciones inferiores a las nominales (dilataciones).

- Al considerar **Restricciones Ambientales** → TMO se puede ver afectado (normativa ambiental)
 - **DS-13 y la RCA** propia de cada central, **establecen límites** en el **tiempo de cantidad de contaminantes** (diferencia límites para las unidades construidas antes y después de la publicación del DS13).
 - Una **operación de ciclado** podría acumular **excesivos periodos de arranque y detención** los que acumularían emisiones mayores a las autorizadas respecto del **total de horas de funcionamiento de la unidad**.
- **Para el SO₂ y MP:** Los valores límites de emisión se evalúan sobre la base de promedios horarios y se deben cumplir durante el **95%** de las “horas de funcionamiento”. *El 5% de las horas restantes comprende horas de encendido, apagado o probables fallas.*
- **Para el NO_x:** Los valores límites de emisión se evaluarán sobre la base de promedios horarios y se deberán cumplir durante el **70%** de las “horas de funcionamiento” en caso de unidades “existentes” y **95%** para las “nuevas” (*5% de las horas restantes comprende horas de encendido, apagado o probables fallas*).

Parámetros Proceso de Partida de unidades *Cochrane 1 y 2*

Etapa	Parámetro	Valor <i>Unidad en estado Frío</i>	Valor <i>Unidad en estado Caliente</i>
Partida - Sincronización	Combustible Diésel [Ton]	35,247	12,858
	Combustible Carbón [Ton]	0	0
	Consumo SSAA [MWh]	89,009	18,298
	Tiempo [min]	600	90
Sincronización – Mínimo Técnico	Combustible Diésel [Ton]	13,984	6,016
	Combustible Carbón [Ton]	13,408	13,322
	Consumo SSAA [MWh]	20,353	13,188
	Tiempo [min]	130	60
Tiempo Partida	[min]	600 + 130 = 730	90 + 60 = 150
	[hr]	12,5	2,5

TMO por estabilidad térmica turbina

Configuración	Tipo Partida	TMO [horas]
CCR1 / CCR2	Frío	9
CCR1 / CCR2	Tibio	6
CCR1 / CCR2	Caliente	4

- (1) **Estado Frío:** unidad detenida por un período de tiempo tal que la **temperatura del eje de turbina $< 150^{\circ}\text{C} \rightarrow > 96 \text{ horas}$** una vez iniciado el proceso de virado de la turbina.
- (2) **Estado Caliente** unidad detenida por un período de tiempo tal que la **temperatura del eje de turbina $> 350^{\circ}\text{C} \rightarrow < 8 \text{ horas}$** una vez iniciado el proceso de virado de la turbina.

Parámetros Proceso de Detención de unidades *Cochrane 1 y 2*

Etapa	Parámetro	Valor
Mínimo Técnico - Desconexión	Combustible Diésel [Ton]	2,936
	Combustible Carbón [Ton]	18,695
	Consumo SSAA [MWh]	14,039
	Tiempo [min]	110
Desenganche - Virado	Combustible Diésel [Ton]	0
	Combustible Carbón [Ton]	0
	Consumo SSAA [MWh]	11,852
	Tiempo [min]	60
Tiempo Detención	[min]	110 + 60 = 170
	[hr]	2,8

Tiempo mínimo en estado de detención

Configuración	Tiempo [horas]
CCR1 / CCR2	5

Corresponde al tiempo que la unidad debe **permanecer fuera de servicio** luego de una detención programada, una vez alcanzada la operación en virado, para **restablecer** la capa de Cake en los **filtros de mangas**.

Artículo 34 AT: *Uso de Parámetros de Partida y Detención*

- La información de **Parámetros de Partida y Detención** será utilizada en todos los procesos que el Coordinador requiera en el cumplimiento de sus funciones.
- En función de la información entregada por Empresas Generadoras, el Coordinador calculará los **Costos de Partida y Detención** considerando para ello el costo de combustible y el costo de energía eléctrica:
 - **Costo de energía**: determinado conforme al precio de nudo de corto plazo de la energía vigente.
 - **Costo de combustible**: determinado a partir del precio de combustible vigente de la unidad respectiva.
- Los valores de **Costos de Partida y Detención** serán actualizados de acuerdo a las *variaciones* que experimenten el precio de combustible y el precio de la energía, siempre y cuando dichas variaciones sean **superiores al 10%** respecto del último valor considerado.

Costos de Detención: no definido en AT: Debería ser:

costos de combustible desde el P_{min} hasta el inicio del virado + costo por consumo de sus SSAA en mismo periodo

Costos de Partida (Artículo 35 NT)

a) Turbinas de Vapor:

- Costos de combustible desde el inicio del fuego en la caldera hasta la operación a **Pmin**
- + Costo por consumo de SSAA en el mismo periodo.

b) Turbinas de Gas y Motores de combustión interna

Costos de combustible requeridos para arrancar desde el inicio de la flama hasta la operación a **Pmin** de la unidad en el SI + el costo por consumo de sus servicios auxiliares en el mismo periodo.

c) Ciclos Combinados

- Los costos de combustible requeridos para arrancar desde el inicio de la flama de la primera turbina de gas hasta la operación a **Pmin** de la **unidad de vapor** en el SI + el costo por consumo de sus servicios auxiliares durante el mismo periodo, **menos** la integración de la **generación neta de energía** desde la sincronización de la primera turbina de gas hasta la sincronización de la turbina de vapor.

Costos de Detención: no definido en AT

Debería ser: costos de combustible desde el Pmin hasta el inicio del virado + el costo por consumo de sus SSAA en mismo periodo.

TEMARIO



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embankamiento Unidades



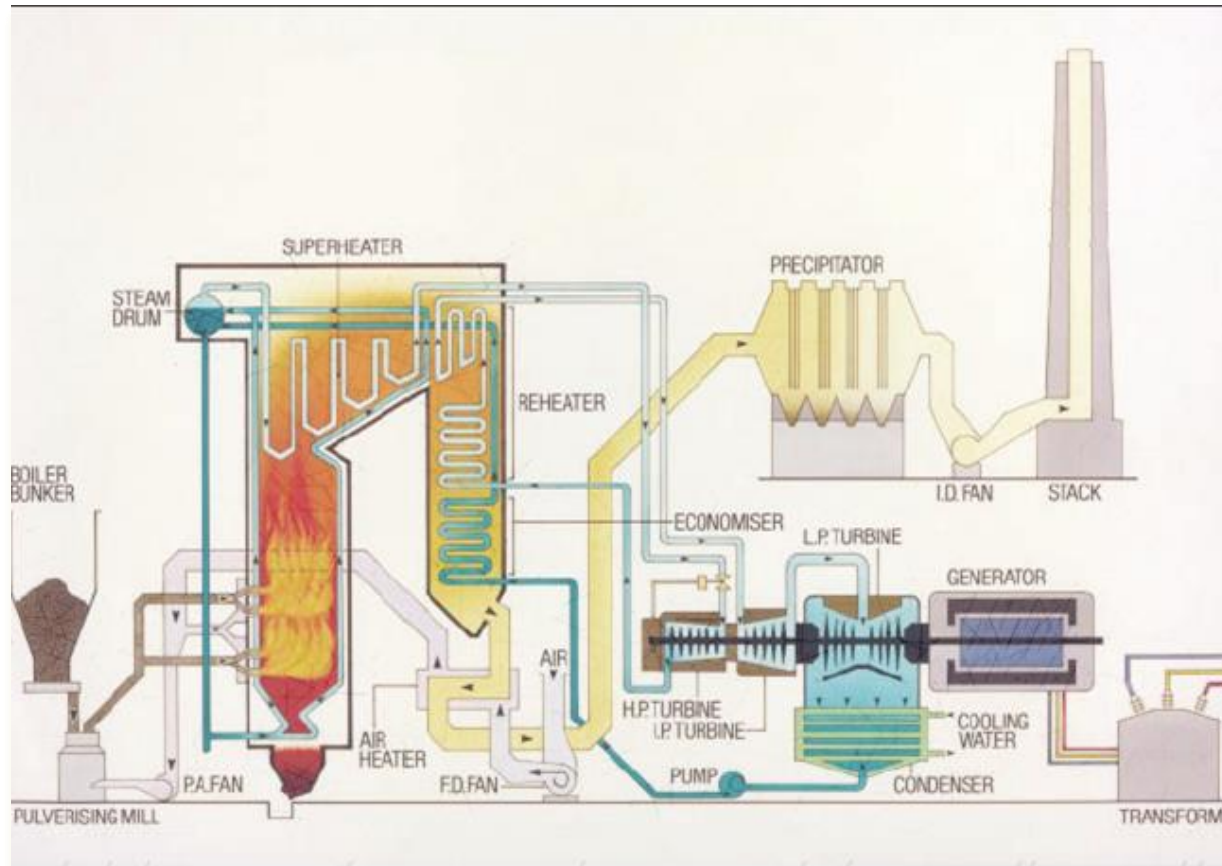
Uso de Parámetros en
Programación y Operación



¿PARA QUE EMBANCAR LAS UNIDADES?

Embancar la caldera → finalmente se convierte en una cuestión de tiempo.

Permitiría un **arranque más rápido**.

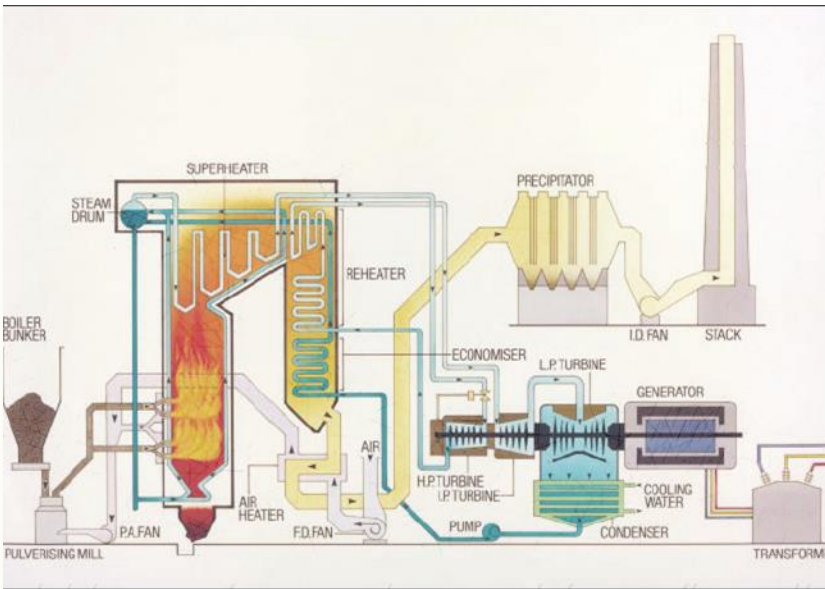


En términos generales, mediante el **embancamiento**, se aplican procedimientos para **conservar las condiciones térmicas de calderas**, recuperadores de calor (HRSG) y turbinas de vapor, en lo que respecta a **temperatura y presión**, por un **tiempo mayor** al asociado a una detención normal.

ALTERNATIVAS DE EMBANCAMIENTO EN CALDERAS ASOCIADAS A TURBINAS DE VAPOR (TV)

1. Embancamiento Natural → Centrales Térmicas Carbón / Diesel

- De acuerdo con las especificaciones del fabricante de la caldera, mediante el **cierre de la caldera** para **mantener condiciones de temperatura** de agua y presión de agua - vapor.
- En general consiste en el **cierre de la válvula principal de vapor**, **válvulas de purga y venteo** para **evitar pérdidas de energía** por el vapor y agua de caldera.

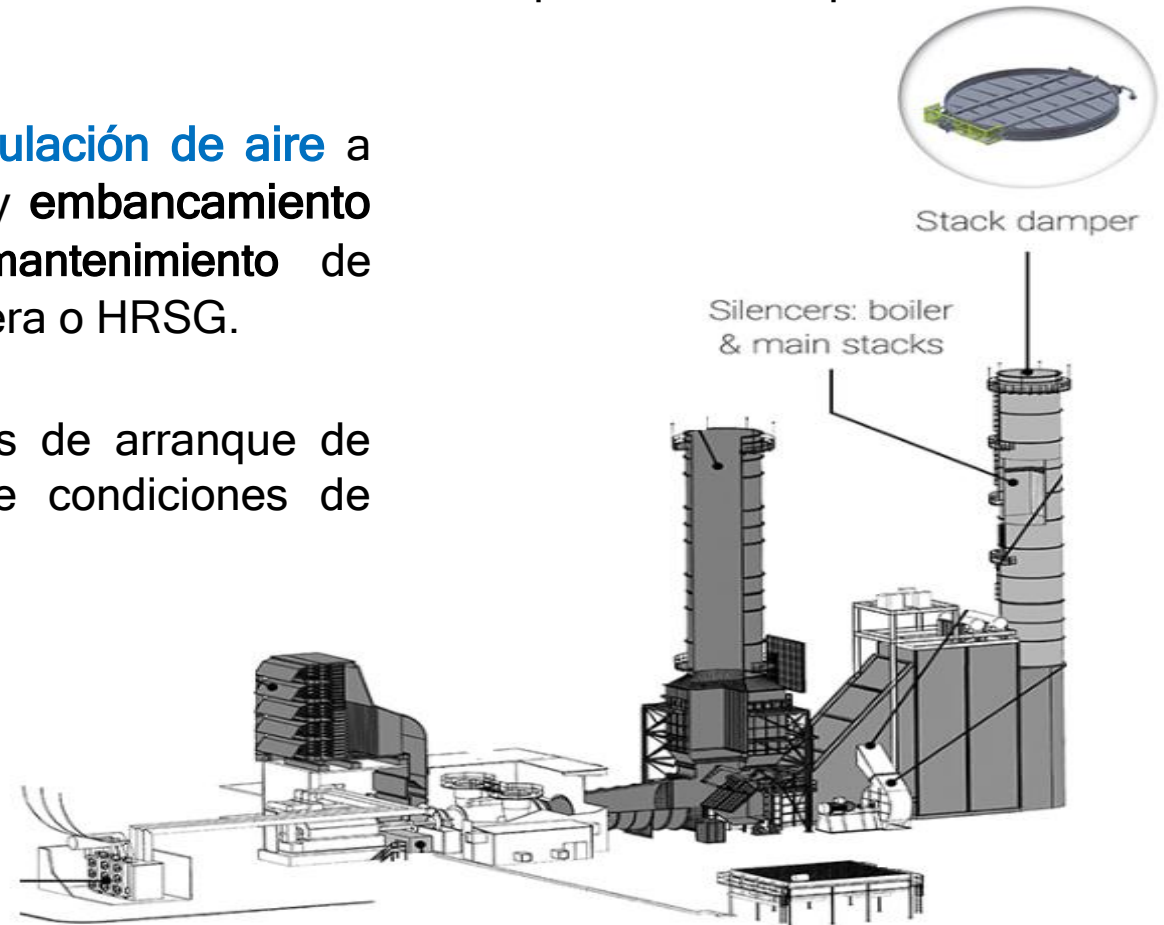


- Aumentar el grado de automatización (motorización) es beneficioso para el programa de embancamiento.
- Por ejemplo, los drenajes y ventilaciones totalmente automatizados evitan las intervenciones de operadores en forma manual y por lo tanto, simplifican las tareas y reducen los tiempos de control.

ALTERNATIVAS DE EMBANCAMIENTO EN CALDERAS ASOCIADAS A TURBINAS DE VAPOR (TV)

2. Retrasar el enfriamiento de la caldera (convencionales y HRSG) → Para Centrales de CC y carboneras

- Durante el proceso de detención para conservar las condiciones de temperatura alta, para obtener un arranque en caliente.
- **Cierre de lampo de chimenea** para **evitar circulación de aire** a través del HRSG y reducir enfriamiento natural y **embancamiento de HRSG** como procedimiento base de mantenimiento de condiciones de **temperatura y presión** de la caldera o HRSG.
- **Encendido periódico de ignitores** (quemadores de arranque de petróleo diésel o gas) para mantenimiento de condiciones de temperatura y presión de caldera (HRSG).

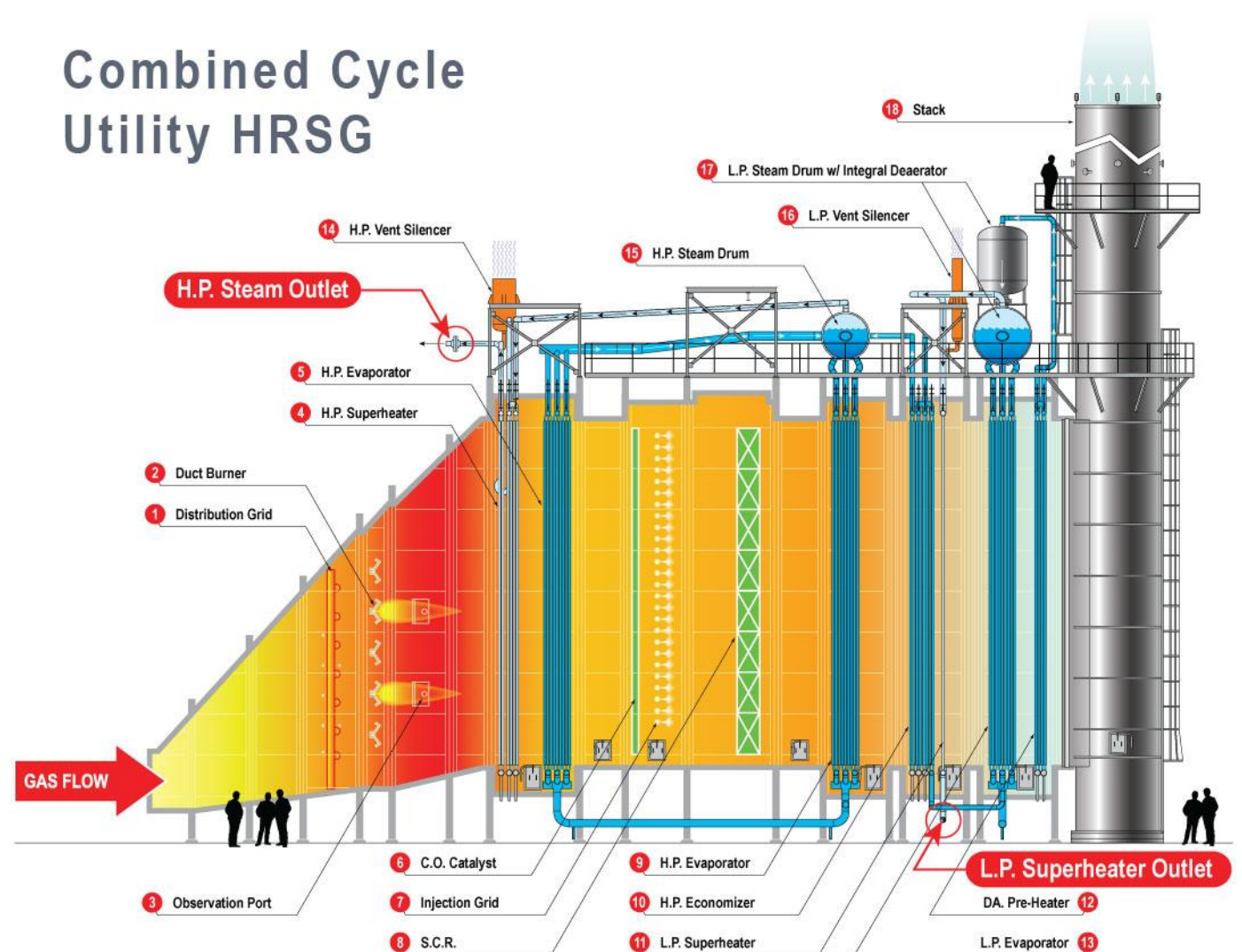


ALTERNATIVAS DE EMBANCAMIENTO EN CALDERAS ASOCIADAS A TURBINAS DE VAPOR (TV)

Uso de quemadores de ducto para **mantener condiciones de temperatura** de HRSG



Combined Cycle Utility HRSG



3. Para ambos tipos de Centrales (Centrales Térmicas Carbón / Diesel y Centrales de CC) :

Hacer **circular flujo de vapor** en la turbina de manera de **mantenerla en estado en caliente** para una rápida partida: usando **vapor** de su **propia caldera**, de una **caldera adicional**, o vapor de una **caldera de unidad vecina**, distinguiéndose los siguientes casos:

- Usar vapor de **su propia caldera** para mantener condiciones de temperatura de la turbina para partidas en caliente. En este caso se deben realizar **encendidos periódicos de los quemadores de combustible** para control de temperatura turbina.
- **Caldera de encendido** (caldera adicional de gas o petróleo) cuya finalidad es mantener las condiciones del agua de caldera a temperaturas cercanas al valor de operación y disponibilidad de vapor para mantener la turbina caliente (presión y temperatura).
- Si la **central posee más de una unidad**, es posible contar con una línea de vapor sobrecalentado controlado proveniente de las unidades en servicio, para mantener caliente la turbina de la unidad que está detenida → **derivación de gases calientes**.

TEMARIO



Contexto Normativo



Determinación de Mínimos
Técnicos



Determinación de Parámetros
de Partida/Detención



Embankamiento Unidade



Uso de Parámetros en
Programación y Operación

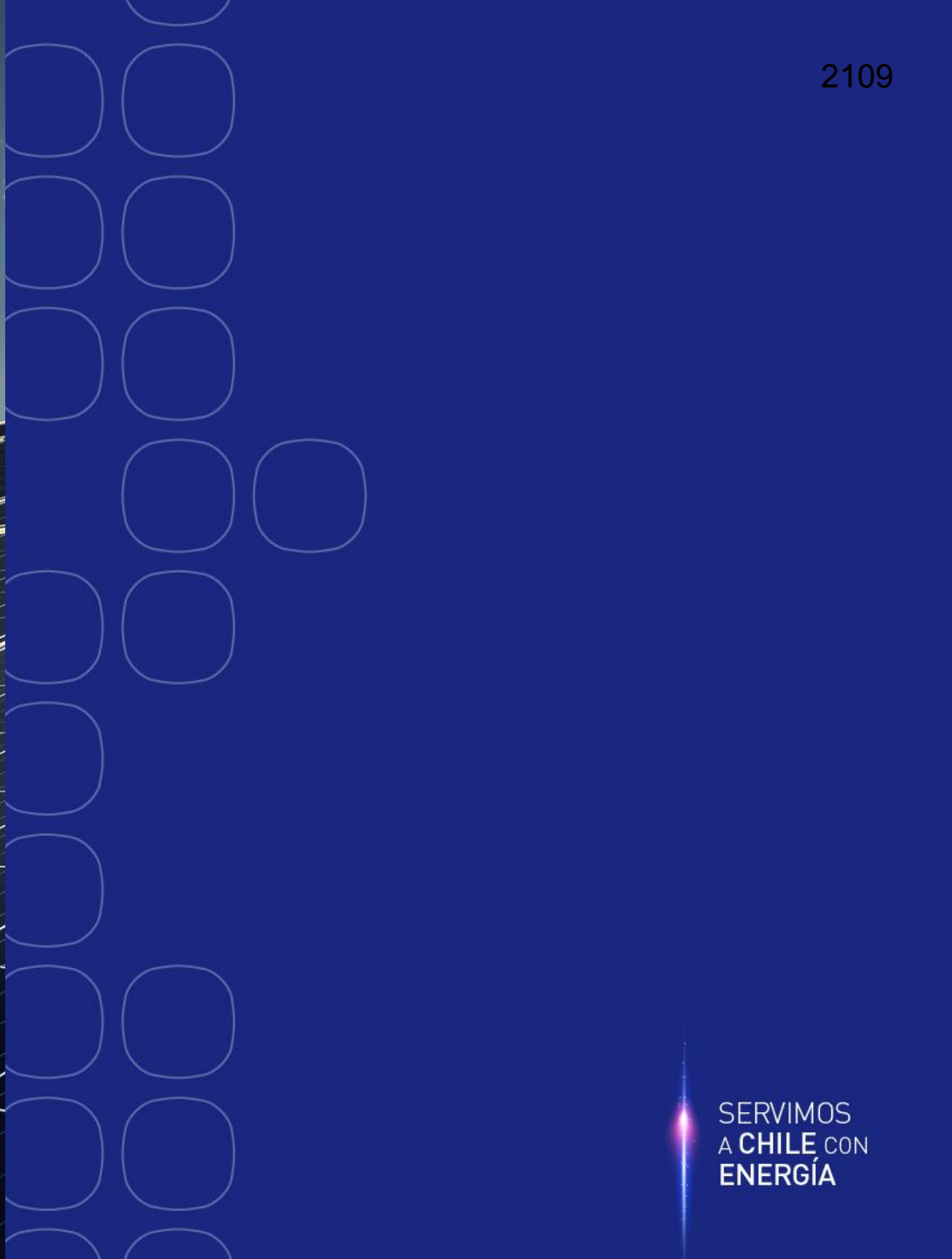


COSTOS PARTIDA/DETENCIÓN INGRESADOS A PROGRAMA

Unidad	Tpo. Partida Estado Frío (horas)	Partida Fría		Partida Tibia		Partida Caliente		Costo
		Costo	Tiempo F/S	Costo	Tiempo F/S	Costo	Tiempo F/S	Detención
		(US\$)	(horas)	(US\$)	(horas)	(US\$)	(horas)	(US\$)
ATACAMA-1TG1A_TG1A+0.5TV1_GNL	3.1	955	> 60	955	14 a 60	470	< 14	253
ATACAMA-2TG2A_TG2A+0.5TV2_GNL	3.1	955	> 60	955	14 a 60	470	< 14	253
NEHUENCO-1_TG1+TV1_GNL	6.2	1,595	> 48	1,209	8 a 48	950	< 8	464
NEHUENCO-2_TG1+TV1_GNL	6.8	2,388	> 90	1,778	8 a 90	1,069	< 8	813
ANGAMOS-ANG2_CAR	10.0	35,631	> 96	24,504	8 a 96	15,342	< 8	8,230
ANDINA-CTA_CAR	19.0	90,965	> 48	37,702	8 a 48	11,855	< 8	8,969
COCHRANE-CCH1_CAR	12.5	38,215	> 96	19,562	8 a 96	14,526	< 8	4,888
NUEVARENCA_TG1+TV1_GN_A	6.2	22,292	> 152	18,214	8 a 152	11,844	< 8	3,104

Tiempo F/S: corresponde al tiempo que la unidad debe estar desconectada para ser considerada en el respectivo estado (fría, tibio, caliente). Según esto será el costo de partida y el respectivo tiempo de partida.

¿PREGUNTAS?





Antecedentes para la mejora regulatoria

Comité Operativo Ampliado para la revisión de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas

12 enero 2023



Ministerio del
Medio
Ambiente

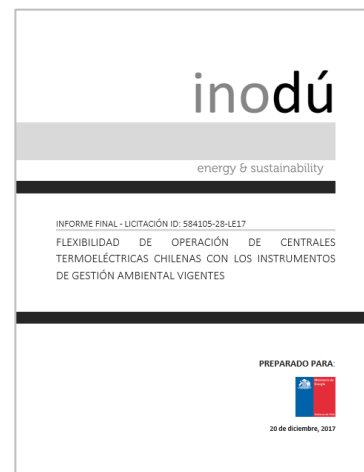
Nota

Inodú, en un estudio titulado “**Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes**”, desarrollado para el Ministerio de Energía el año **2017**, identificó diversos desafíos con los requerimientos que habían sido definidos en el DS 13, particularmente en un contexto de operación flexible de centrales termoeléctricas a gas y carbón. A continuación, se explican algunos de los aspectos identificados.

Disponible inicialmente en:

<http://energiaabierta.cne.cl/estudios/page/58/?lang=en&categoria-e&organismo-e&from=2010&to>

Más información con el Ministerio de Energía



Contenido

- 1) **Carbono neutralidad y Transición energética**
 - ① Integración de renovables y su variabilidad
 - ② Flexibilidad: nuevos modos de operación de centrales térmicas

- 2) **Normas de emisiones en contexto de operación flexible**
 - ① Normativa internacional (Europa y EEUU)

- 3) **Comentarios Finales**



La implementación del DS13 produjo la instalación de sistemas de control de emisiones de distinta naturaleza

Sistema de Control de Emisiones, Eficiencia y Flujo de diseño

Unidad	MP	SO ₂	NOx
CTTAR	Filtro de mangas (99,6%, 1150k m ³ /h)	FGD	
U12	Filtro de mangas (99,95%, 370k m ³ /h)	FGD seco (87,86%, 450k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
U13	Filtro de mangas (99,95%, 370k m ³ /h)	FGD seco (87,86%, 450k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
U14	Filtro de mangas (99,95%, 570k m ³ /h)	FGD seco (87,86%, 570k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
U15	Filtro de mangas (99,95%, 570k m ³ /h)	FGD seco (87,86%, 570k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
NTO1	Filtro de mangas (45 mg/Nm ³ 580 k Nm ³ /h)	FGD seco (95%, 580k Nm ³ /h)	Quemadores Low NOx (500 mg/m ³)
NTO2	Filtro de mangas (45 mg/Nm ³ 580 k Nm ³ /h)	FGD seco (95%, 580k Nm ³ /h)	Quemadores Low NOx (500 mg/m ³)
CCR1	Filtro de mangas (99,9973%, 1228k m ³ N/h)	FGD seco (90,9441%, 1269k m ³ N/h)	SCR (50%, 785k m ³ N/h)
CCR2	Filtro de mangas (99,9973%, 1228k m ³ N/h)	FGD seco (90,9441%, 1269k m ³ N/h)	SCR (50%, 785k m ³ N/h)
ANG1	Filtro de mangas (99,99%, 1375k m ³ /h)	FGD (88,6%, 1375k m ³ /h)	
ANG2	Filtro de mangas (99,99%, 1375k m ³ /h)	FGD (88,6%, 1375k m ³ /h)	
CTM1	Filtro de mangas (99,95%, 560k m ³ /h)	FGD seco (76,44%, 560k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
CTM2	Filtro de mangas (99,95%, 600k m ³ /h)	FGD seco (76,44%, 600k m ³ /h)	Quemadores Low NOx
CTA	P. Electrostático (99,9%, 520k m ³ /h)	Inyección de caliza (99,9%, 520k m ³ /h)	L. fluidizado mantiene baja T° de caldera.
CTH	P. Electrostático (99,9%, 520k m ³ /h)	Inyección de caliza (99,9%, 520k m ³ /h)	L. fluidizado mantiene baja T° de caldera.
IEM	P. Electrostático o F. de mangas	FGD humedo	Quemadores Low NOx y SCR
Guacolda 1	Filtro de mangas (99,85%, 610 km ³ N/h)	FGD seco (91,0%, 610 km ³ N/h)	SCR (89,91%, 610 km ³ N/h)
Guacolda 2	Filtro de mangas (99,85%, 610 km ³ N/h)	FGD seco (91,0%, 610 km ³ N/h)	
Guacolda 3	P. Electrostático (99,85%, 638 km ³ N/h)	FGD húmedo (90,5%*, 618 km ³ N/h)	Quemadores Low NOx (30%**)
Guacolda 4	Filtro de mangas (99,85%, 610 km ³ N/h)	FGD seco (87,5%, 610 km ³ N/h)	SCR (83%, 567 km ³ N/h)
Guacolda 5	P. Electrostático (99,85%, 617 km ³ N/h)	FGD húmedo (90,5%***, 572 km ³ N/h)	SCR (83,30%, 463 km ³ N/h)
Ventanas 1	Filtro de mangas (99,9%, 500k m ³ /h)	FGD CDS (90%, 500k m ³ /h)	Quemadores Low NOx (~50%)
Ventanas 2	Filtro de mangas (99,9%, 1055k m ³ /h)	FGD SW (80%, 1055k m ³ /h)	Quemadores Low NOx (45%, 1095k m ³ /h)
Nueva Ventanas	Filtro de mangas (99,99%, 936k m ³ /h)	FGD SDA (74,5%, 912k m ³ /h)	Quemadores Low NOx (50%, 936k m ³ /h)
Campiche	Filtro de mangas (99,99%, 936k m ³ /h)	FGD SDA (74,5%, 912k m ³ /h)	Quemadores Low NOx (50%, 936k m ³ /h)
Bocamina2	Filtro de mangas (99%, 700k m ³ /h)	FGD SDA	
Bocamina2	Filtro de mangas (99%, 1303 m ³ /h)	FGD (98%, 1215k m ³ /h)	
Santa María	P. Electrostático (99,7%, 1500 m ³ /h)	FGD humedo (78%, 1500k m ³ /h)	Quemadores Low NOx (50%, 1500 m ³ /h)

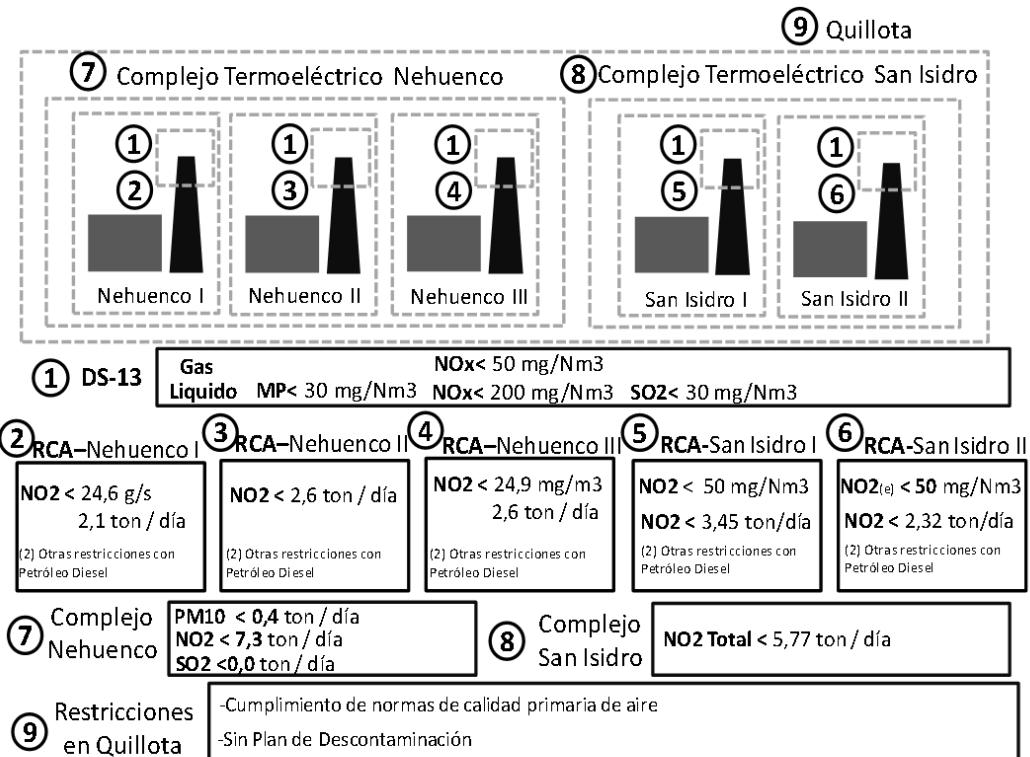
Centrales tienen equipos de abatimiento muy diversos. Estos se instalaron para cumplir con el DS13/2011, bajo un contexto operacional diferente al actual. No todos tendrán la misma eficiencia bajo nuevos sistemas de operación flexible.

Centrales se demoran en partir y parar. Los tiempos de partida y detención pueden ser largos, y dependen del tiempo que la unidad lleve sin operar.

La normativa internacional recomienda no considerar las emisiones en partidas y paradas para el cumplimiento de normas de emisión. El proceso de partida no permitiría el tiempo suficiente para que los equipos de control de emisiones fueran efectivos. Además, las metodologías de medición de contaminantes no son capaces de medir de manera precisa las emisiones de contaminantes durante los procesos de partida.

Análisis sistémico: Gestión Ambiental, en el ámbito de emisiones, involucra requerimientos adicionales al DS 13, que interactúan a distintos niveles

Caso 1



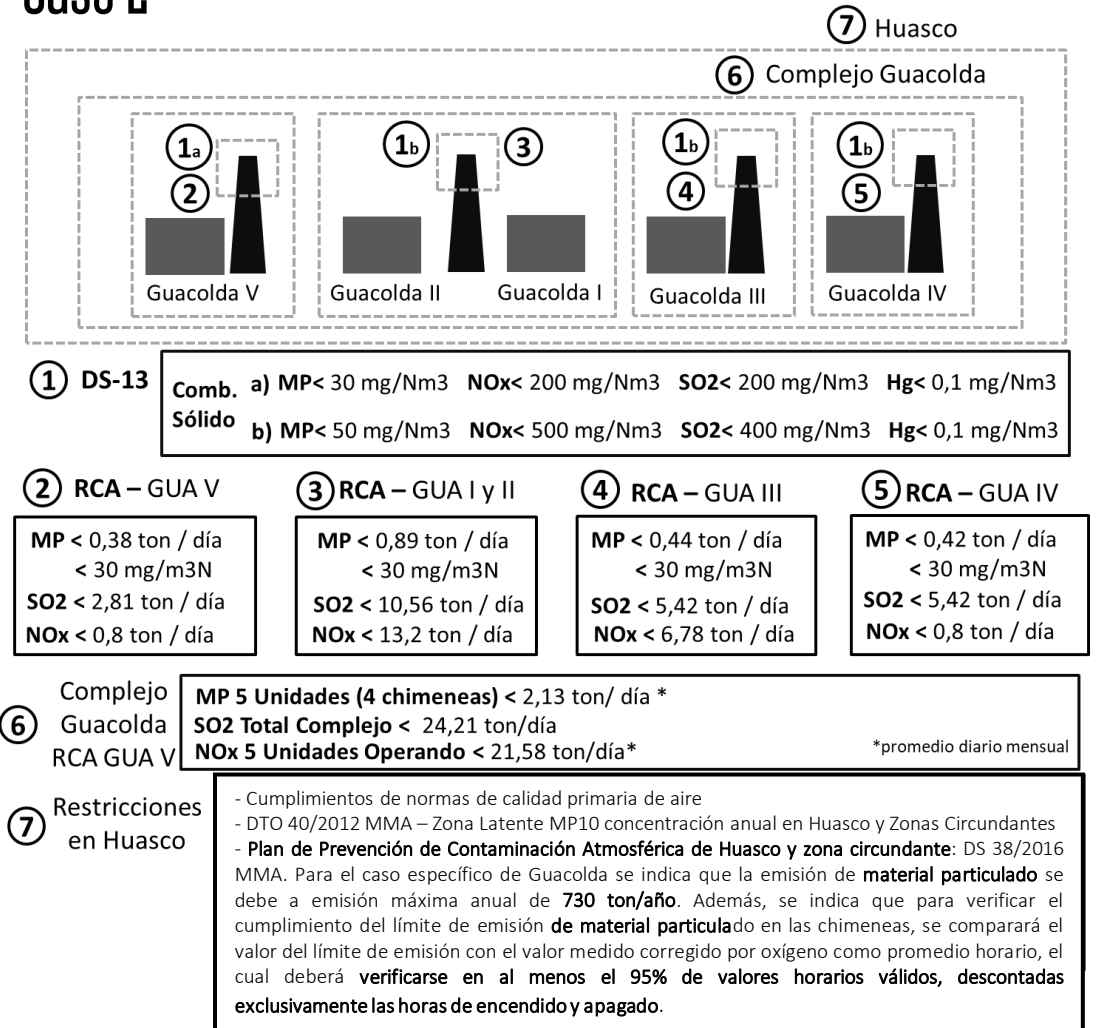
San Isidro cuenta con un Plan de Ajuste Dinámico: Cuando se alcanza el 80% de las normas de calidad del aire (incluyendo Ozono) y emisiones permitidas, se debe dar aviso a la autoridad. Al alcanzar el 100% de los límites se debe coordinar con el Coordinador Eléctrico Nacional la eventual disminución de la carga operativa.

* Para Central San Isidro, también se definen limitaciones para emisiones de CO: San Isidro I (0,72 ton/día), San Isidro II (0,87 ton/día) y total (1,59 ton/día)

* Para Central Nehuenco, también se definen limitaciones para emisiones de CO: Nehuenco 1 (21,6 kg/hr), Nehuenco 2 (0,8 ton/día), Nehuenco 3 (0,5 ton/día) y Totales 1,8 ton/día

* Operando a gas natural (normal), otras restricciones en operación con diésel en condición de emergencia

Caso 2

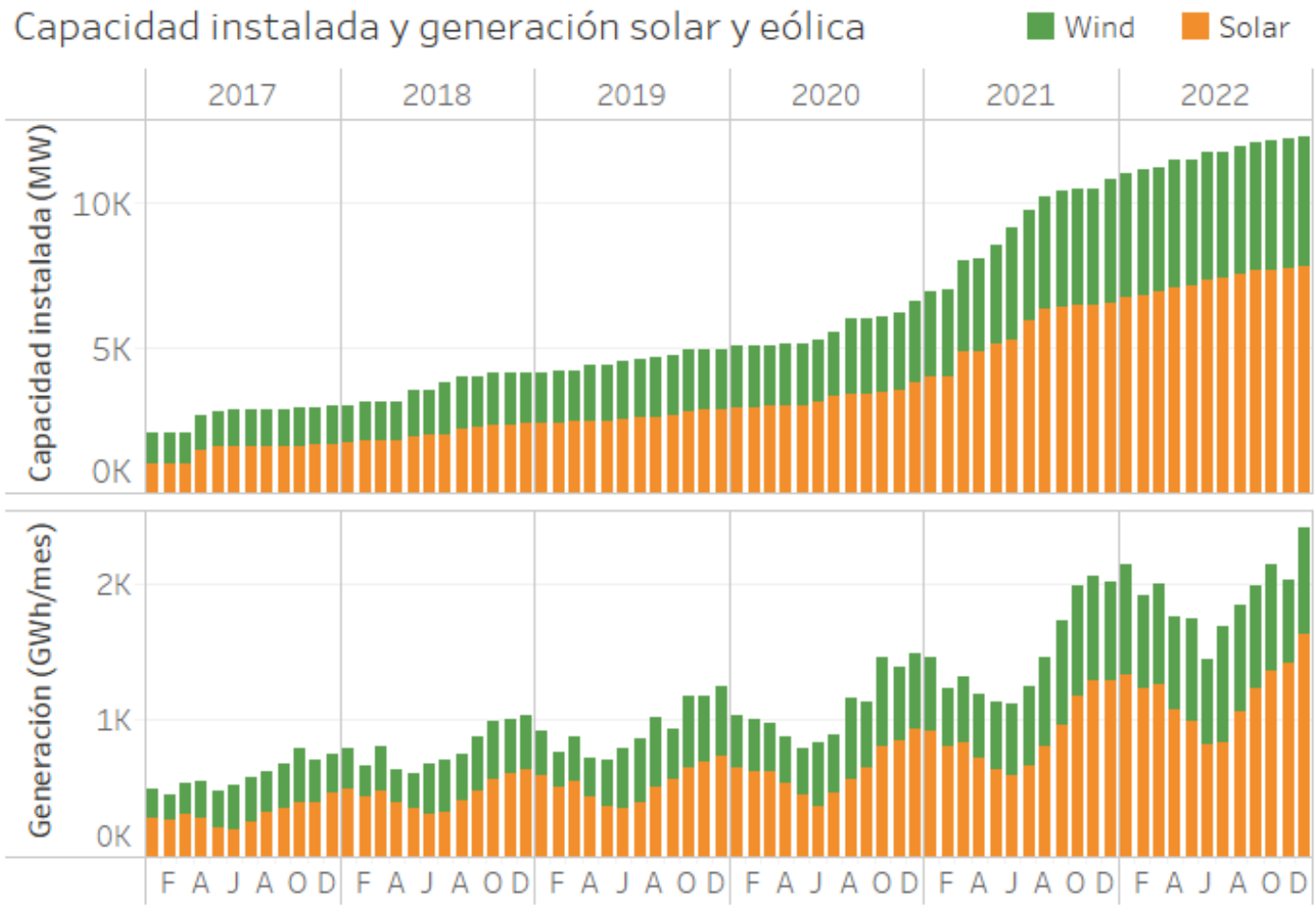


1

Carbono neutralidad y Transición energética

¿Cómo está cambiando la operación de centrales térmicas en Chile y cómo la operación flexible se afecta por requerimientos del DS 13?

Alta integración y variabilidad de ERNC afecta operación de termoeléctricas y produce modos de operación distintos a los considerados para definir los requerimientos del DS 13



12.200

MW de capacidad instalada solar y eólica en el SEN en el 2022

43%

La generación solar en julio es un 43% menor que en enero

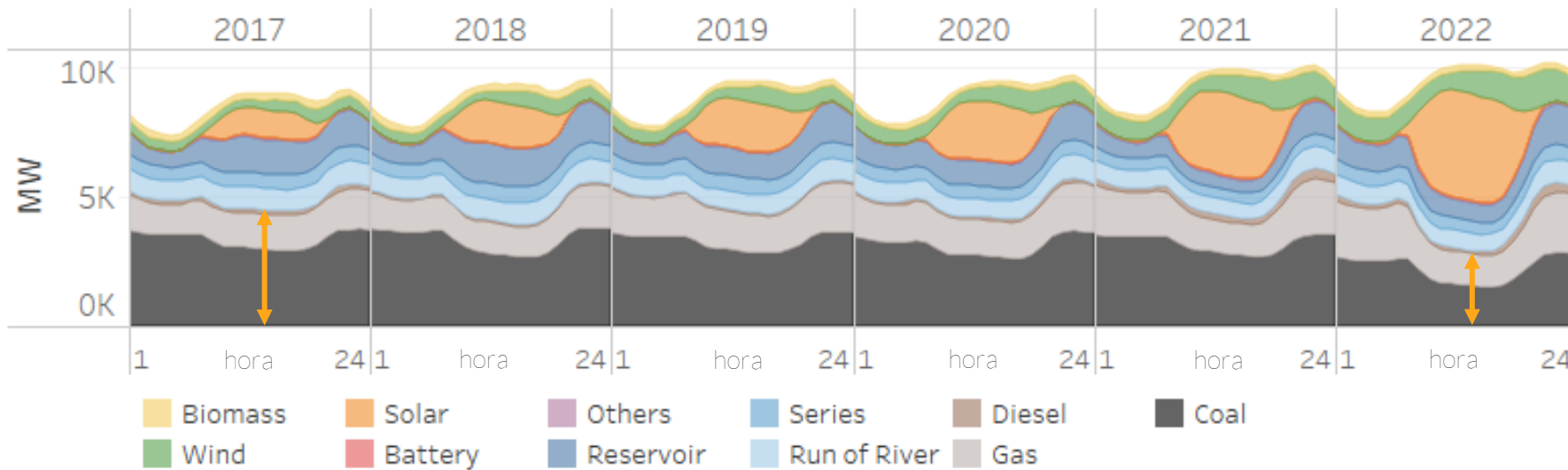
La generación renovable es estacional.

La generación solar disminuye considerablemente en invierno (menos luz y días más cortos).

La generación eólica también tiene estacionalidad pero depende de la zona.

En la transición energética, la variabilidad de generación ERNC debe ser complementada - Centrales térmicas e hidroeléctricas adaptan su generación

Generación día promedio



>4.500

MW de generación térmica durante la noche

4.500

MW de generación térmica durante el día



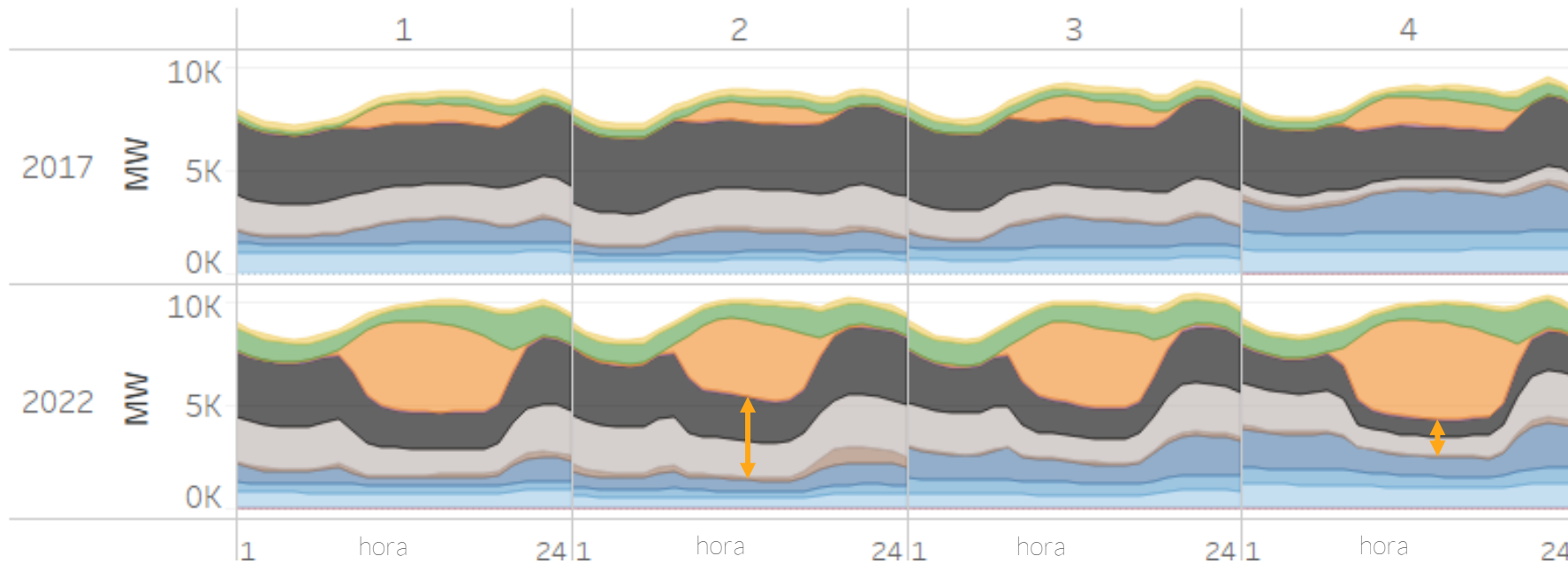
3.300

MW de generación térmica durante el día

En el 2022 la generación solar alcanzó los 4.000 MW durante el día en promedio. Las centrales térmicas disminuyen su generación durante el día.

Existen requerimientos y limitaciones que impiden una mayor flexibilización de las centrales térmicas, entre ellas, requerimientos del DS 13 inodú²¹¹⁸

Generación día promedio por trimestre



4.000

MW de generación térmica durante el día en el 2022. Estación seca y poca generación solar.

1.800

MW de generación térmica durante el día en el 2022. Más disponibilidad de recursos hidroeléctricos y generación solar.

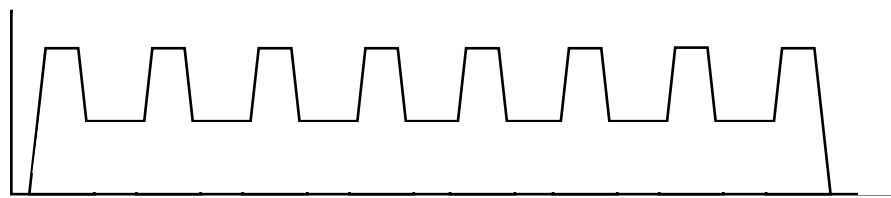
Las centrales térmicas cumplen un rol importante durante la noche.

Las centrales térmicas han adaptado sus modos de operación a formatos más flexibles a medida que se han integrado energías renovables variables al sistema.

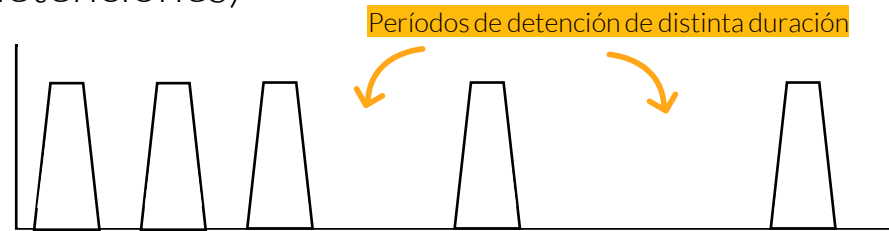
Distintos modos de operación de centrales térmicas

Requerimientos del DS 13 afectan la operación de centrales térmicas en distintos estados, por ejemplo: operación a potencia nominal, operación a mínimo técnico, proceso de encendido, proceso de apagado, operación con regulación de frecuencia

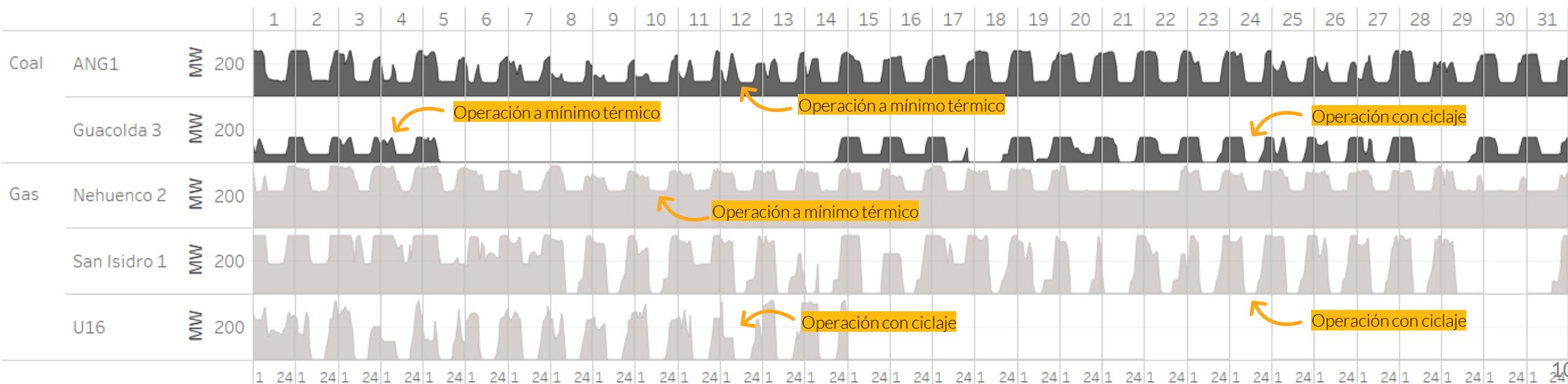
Operación a mínimo técnico durante algunas horas del día



Operación con ciclaje continuo (partidas y detenciones)



Operación de algunas unidades a carbón y gas durante octubre de 2022

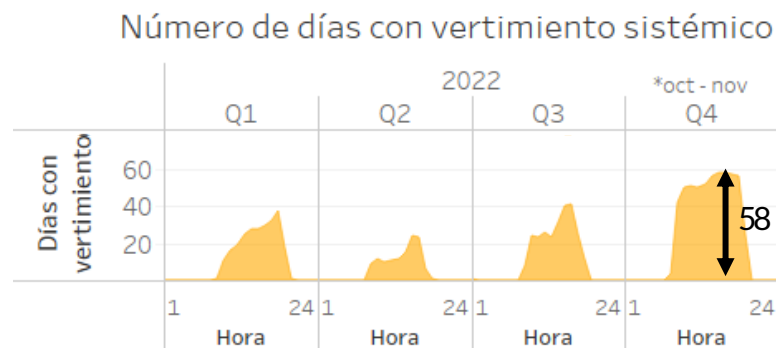


Mínimo técnico vs Mínimo técnico ambiental: Casos de OCGT

En la operación del sistema, se ha observado vertimiento durante algunas horas producto de exceso de energía derivada, en parte, por inflexibilidades de unidades térmicas. El vertimiento no está necesariamente producido por restricciones de transmisión.

Centrales térmicas se necesitan durante la noche y se demoran en encender y apagar, por lo que no siempre pueden apagarse durante el día. En algunos casos también deben prestar servicios complementarios

Las centrales térmicas disminuyen su generación durante el día, pero a veces no se logra disminuir tanto como se necesitaría. Esto produce **vertimiento de energía renovable**.



58

Días de octubre y noviembre tuvieron vertimiento de norte a sur a las 15 hrs.

Centrales térmicas operan a niveles más altos que los mínimos técnicos de diseño por restricciones ambientales (DS13).

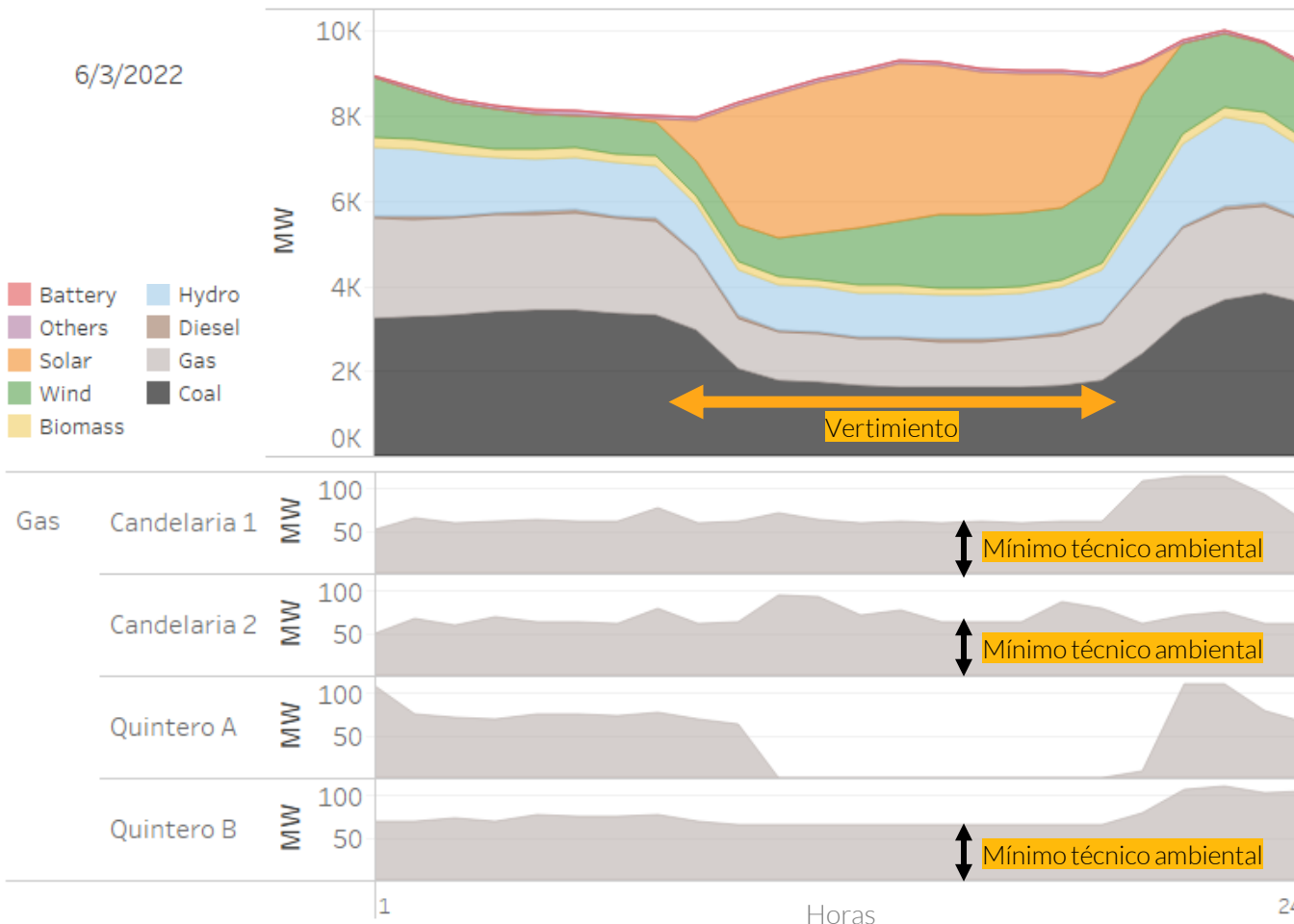
Esto significa una mayor generación térmica que la necesaria, y, por lo tanto, mayores emisiones de CO₂.

Zona SEN	Unidad OCGT	Mínimo Técnico MW	Mínimo Técnico ambiental MW
Norte	CC1 TG1	25	63
Norte	CC1 TG2	25	63
Norte	CC2 TG1	25	63
Norte	CC2 TG2	25	63
Norte	CTM3 TG	40	40
Norte	KelarTG1	6	74
Norte	KelarTG2	6	74
Norte	Taltal 1	5	63
Norte	Taltal 2	5	63
Norte	U16 TG	50	50
Centro	Candelaria 1	18.5	60
Centro	Candelaria 2	18.5	60
Centro	Nehuencol TG	14	160
Centro	Quintero A	5	65
Centro	Quintero B	5	65
Centro	San Isidro I TG	14	113
Centro	San Isidro II TG	14	105

Operación a mínimo técnico: Caso de operación 6 de marzo de 2022

El 6 de marzo del 2022 hubo vertimiento durante las horas del día en todo el sistema. Limitaciones ambientales de las centrales a gas impidieron a estas disminuir más su generación. Esto significa una mayor generación térmica que la necesaria, y por lo tanto mayores emisiones de CO₂

Operación del SEN y detalle de algunas unidades a gas



Algunas centrales térmicas ven limitada su capacidad de disminuir su generación durante el día por restricciones ambientales.

El 6 de marzo del 2022 las unidades Candelaria 1, Candelaria 2 y Quintero B operaron a mínimo técnico ambiental durante el día. Sin limitaciones ambientales la generación conjunta de estas unidades podría haber sido de 42 MW en lugar de 185 MW.

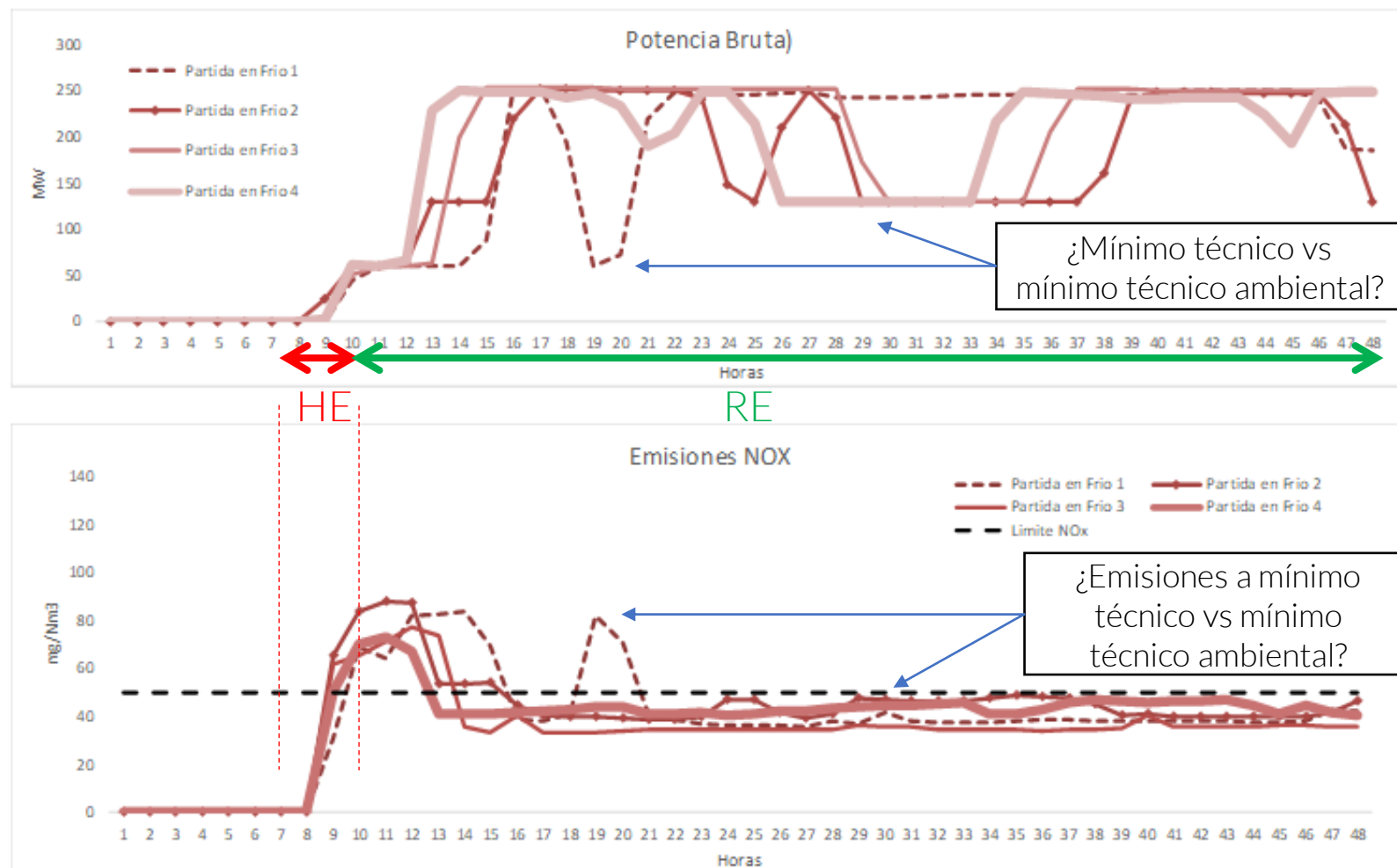
Zona SEN	Unidad OCGT	Mínimo Técnico MW	Mínimo Técnico ambiental MW
Centro	Candelaria 1	18.5	60
Centro	Candelaria 2	18.5	60
Centro	Quintero A	5	65
Centro	Quintero B	5	65

Caso de proceso de arranque de una unidad de ciclo combinado

Las centrales a gas, incluso durante los procesos de partida, tienen menos emisiones desde el punto de vista absoluto que el límite para centrales a carbón (nuevas) operando en régimen.

Operación a mínimo técnico, en contexto de alta integración ERV, se realiza generalmente por un número limitado de horas durante el día.

Proceso de partida en frío de unidad de ciclo combinado a gas



Detalle de otras dinámicas, para unidades a gas y carbón, en estudio titulado “Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes”, desarrollado para el Ministerio de Energía el año 2017.

2

Normas de emisiones en contexto de operación flexible

Experiencia internacional y desafíos identificados

La normativa internacional definió consideraciones especiales para los períodos de partida y parada

Estados Unidos	Federal Register Volume 79, N° 223, November 19, 2014: 40 CFR Parts 60 and 63, Reconsideration of Certain Startup/Shutdown Issues.	http://www.aqmd.gov/docs/default-source/rule-book/support-documents/regulations-ix-and-x-federal-register/79-fr-68777-11192014.pdf?sfvrsn=4
	40 CFR Part 60, Subpart KKKK (2006) – Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines.	https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/subpart-KKKK/subject-group-ECFRafa1761f4eda7d7/section-60.4350
	Federal Register Volume 77, N° 168, August 29, 2012: 40 CFR Parts 60, (Proposed Rule) Standards of Performance for Stationary Gas Turbines.	https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2012-08-29/pdf/FR-2012-08-29.pdf
	40 CFR Part 75 – Continuous Emission Monitoring	https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-75?toc=1
Europa	Directiva 2010/75/UE sobre emisiones industriales.	https://www.boe.es/doue/2010/334/L00017-00119.pdf
	Decisión 2012/249/UE relativa a la determinación de los períodos de arranque y parada a efectos de la Directiva 2010/75/UE.	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32012D0249
	Decisión (UE) 2017/1442 sobre las mejores técnicas disponibles conforme a la Directiva 2010/75/UE.	https://www.boe.es/doue/2017/212/L00001-00082.pdf

Operación a mínimo técnico: Normativa Internacional

La normativa europea y de Estados Unidos indica condiciones especiales para el caso de turbinas operando a una potencia menor a su potencia nominal.

Estados Unidos (40 CFR Part 60, Subpart KKKK (2006))

Define valores límites para emisiones de NOx diferenciados dependiendo de la carga a la que opera la turbina:

Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines

Límites de Emisión de NOx

Tipo de turbina	Consumo de calor a potencia máxima (HHV)	Estándar de emisión NO _x
Turbina nueva operando con gas natural	≤ 50 MMBTU/h	42 ppm al 15% O ₂ o 2.3 lb/MWh
Turbina modificada o reconstruida	≤ 50 MMBTU/h	150 ppm al 15% O ₂ o 8.7 lb/MWh
Turbina nueva operando con gas natural	> 50 MMBTU/h y ≤ 850 MMBTU/h	25 ppm al 15% O ₂ o 1.2 lb/MWh
Turbina modificada o reconstruida operando con gas natural	> 50 MMBTU/h y ≤ 850 MMBTU/h	42 ppm al 15% O ₂ o 2.3 lb/MWh
Turbina nueva, modificada o reconstruida operando con gas natural	> 850 MMBTU/h	15 ppm al 15% O ₂ o 0.43 lb/MWh
Turbina nueva operando con otro combustible distinto al gas natural	≤ 50 MMBTU/h	96 ppm al 15% O ₂ o 4.7 lb/MWh
Turbina nueva operando con otro combustible distinto al gas natural	> 50 MMBTU/h y ≤ 850 MMBTU/h	74 ppm al 15% O ₂ o 3.6 lb/MWh
Turbina nueva, modificada o reconstruida operando con otro combustible distinto al gas natural	> 850 MMBTU/h	42 ppm al 15% O ₂ o 2.3 lb/MWh
Turbina operando a una potencia menor al 75% de su potencia máxima, independiente del tipo de combustible	≤ 30 MW generado	150 ppm al 15% O ₂ o 8.7 lb/MWh
Turbina operando a una potencia menor al 75% de su potencia máxima, independiente del tipo de combustible	> 30 MW generado	96 ppm al 15% O ₂ o 4.7 lb/MWh

Europa (Directiva 2010/75/UE, Anexo V, Parte 1 y 2)

Define valores límites para centrales a carbón, y a gas operando con carga superior al 70%.

Valores Límites de Emisión (mg/Nm³), Carbón Pulverizado

	Si obtuvo el permiso antes 7/01/2013 o entró en operación antes de 7/01/2014			Otro Caso		
	50 – 100 MW	100 – 300 MW	> 300 MW	50 – 100 MW	100 – 300 MW	> 300 MW
SO ₂	400	250	200	400	200	150 ¹
NO _x	300 ²	200	200	300	200	150 ³
MP	30	25	20	20	20	10
CO	-	-	-	-	-	-

Valores Límites de Emisión (mg/Nm³), CCGT operando con Gas con carga superior al 70%

	Si obtuvo el permiso antes 7/01/2013 o entró en operación antes de 7/01/2014			Otro Caso		
	50 – 100 MW	100 – 300 MW	> 300 MW	50 – 100 MW	100 – 300 MW	> 300 MW
SO ₂	-	-	-	-	-	-
NO _x	50 (*) (**)	50 (*) (**)	50 (*) (**)	50 (**)	50 (**)	50 (**)
MP	-	-	-	-	-	-
CO	100	100	100	100	100	100

Operación con ciclaje: Normativa Internacional

Europa

Desafíos en períodos de partida y parada de centrales a carbón

- Se define horas de funcionamiento como el tiempo, expresado en horas, durante el que una instalación de combustión, en su conjunto o en parte, funciona y expulsa emisiones a la atmósfera, **excepto los períodos de arranque y de parada.**
(2010/75/UE), (UE 2017/1442).
- Se considera el cumplimiento de los valores límites de emisión si la evaluación de los resultados de las medidas en continuo indica, para las **horas de funcionamiento de un año, que se han cumplido cierto límites de emisiones.**
(Anexo V, Parte 4 de la Directiva 2010/75/UE)
- No se debe permitir que una instalación de combustión funcione durante más de 24 horas tras un desperfecto en el equipo de reducción de emisiones. No se deben superar las 120 horas sin el funcionamiento del equipo de reducción de emisiones en un periodo de 12 meses
(Directiva 2010/75/UE, Considerando 33)
- Considera que las emisiones durante los períodos de partida y parada presentan, en términos generales, unas **concentraciones elevadas en comparación con aquellas en condiciones normales de funcionamiento.**
(Decisión 2012/249/UE)
- Dado que se tiene la **intención de evitar emisiones**, los periodos de **partida y parada deberían ser los más breves posibles**, considerando 4 y acorde con ese objetivo, se deberían tomar no sólo las medidas que garanticen que ello suceda (Artículo 4 numeral 1 literal b), sino también las **medidas que garanticen que todo el equipo de reducción de emisiones entre en funcionamiento tan pronto como sea posible desde el punto de vista técnico** (Artículo 4 numeral 1 literal c).
(Decisión 2012/249/UE)

Operación con ciclaje: Normativa Internacional

Estado Unidos: US EPA

Desafíos en períodos de partida y parada de centrales a carbón

- El **proceso de partida** de una central termoeléctrica, particularmente el fin de una partida, **no permitía suficiente tiempo para que los equipos de control de emisiones fueran efectivos.**
(Federal Register, Vol. 79, N 223, 2014, pg. 68781).
- Los **métodos de referencia** elaborados por la EPA y las especificaciones de desempeño fueron diseñadas, validadas y escritas para medir emisiones de manera precisa durante periodos en que la unidad generadora **opera en régimen.** Las pruebas y procedimientos han sido validados basados en operación en régimen cuando el equipamiento y los sistemas de control de emisiones alcanzan sus condiciones nominales (o normales) de operación.
(US EPA, 2013), (US EPA, 2013b), (US EPA, 2013c, pág. 174), (US EPA, 2013d, págs. 91, 107, 118), (US EPA, 2014, págs. 39, 48, 69, 73, 78, 88, 127 y 161), y (US EPA, 2014b).
- Las metodologías de medición de contaminantes al aire **no son capaces de medir de manera precisa las emisiones de contaminantes durante los procesos de partida definidos.**
(Federal Register, Vol. 79, N 223, 2014, pg. 68781).
- Se determinó que las condiciones de los gases en la chimenea serían adecuadas para medir con CEMS la emisión de contaminantes después de 4 horas de iniciada la generación de electricidad.
(Federal Register, Vol. 79, N 223, 2014, pg. 68778)

Operación con ciclaje: Normativa Internacional

Estado Unidos: US EPA

Desafíos en períodos de partida y parada de centrales a carbón

- El 40 CFR Part 60, Subpart KKKK, **no realiza definiciones para periodos de encendido, parada y falla de centrales.**
(40 CFR Part 60, Subpart KKKK).
- No obstante, los requerimientos para dichos periodos se encuentran en 40 CFR Part 60, Subpart A General Provisions, § 60.8(c), donde **se excluyen las emisiones durante periodos de partida, parada y malfuncionamiento de ser consideradas como un no cumplimiento de los estándares** definidos en 40 CFR Part 60, Subpart KKKK.
(40 CFR Part 60, Subpart KKKK).
- **Se recomendó utilizar combustibles limpios durante la partida.** El gas natural es uno de los combustibles limpios identificados en la revisión de la normativa (de reconsideración de desafíos de partida y parada de centrales a carbón), y la EPA determinó el año 2000 que no es necesario ni apropiado regular unidades de generación a gas natural debido a que su impacto, desde el punto de vista de emisiones de contaminantes peligrosos, es despreciable.
(Federal Register, Vol. 79, N 223, 2014, pg. 68783, pie de página #7)

Operación con ciclaje: mediciones en partidas y paradas

La normativa internacional no recomienda considerar las emisiones durante partidas y paradas en la evaluación del cumplimiento ambiental. Sin embargo, se indica que en caso de requerir hacerlo, en el proceso de corrección por oxígeno recomienda usar un valor límite (*cap value*) para la concentración de O₂ de 14% en calderas y 19% en turbinas a gas, solo durante partidas y paradas.

El **Artículo 4 del DS13/2011 MMA** establece que las mediciones de MP, SO₂, NO_x se deben corregir por oxígeno en base seca. La **RE 955/2016 de la SMA**, que Dicta Instrucción de Carácter General sobre Corrección Por Oxígeno en CEMS de Centrales entrega ciertos lineamientos para realizar esta corrección por oxígeno. Dicha corrección se realiza según la siguiente ecuación:

$$C_{\text{corregida}}(MP, NO_x, SO_x) = C_{\text{medida}}(MP, NO_x, SO_x) * \underbrace{\frac{20.9 - C_{\text{referencia } O_2}}{20.9 - C_{\text{medida } O_2}}}_{\text{factor de corrección por oxígeno}}$$

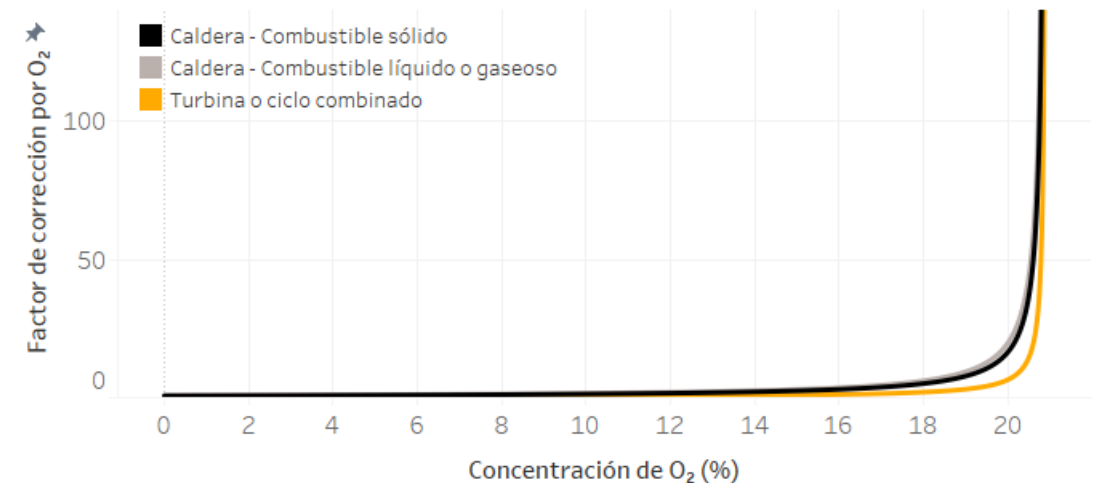
$C_{\text{referencia } O_2}$ {
6% calderas combustibles sólidos
3% calderas combustibles líquidos o gaseosos
15% turbinas o ciclos combinados

La normativa reconoce un problema de **indefinición de la fórmula** cuando la concentración de O₂ medida es igual o superior a 20.9

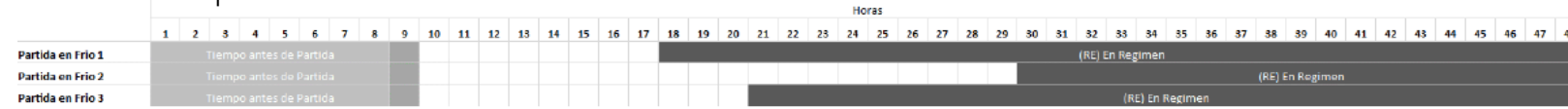
Para valores elevados de concentración de O₂ el factor de corrección por oxígeno es alto. **Concentraciones de contaminantes corregidas por oxígeno pueden presentar valores artificialmente altos.**

Durante partidas y paradas se pueden presentar concentraciones de O₂ medidas altas. Esto ocurre porque las partidas utilizan exceso de aire, y en las paradas la concentración de gases en la chimenea comienza a asemejarse a la del aire a medida que se detiene el proceso de combustión.

Relación entre la concentración de O₂ y el factor de corrección por O₂ que aplica a calderas, turbinas y ciclos combinados



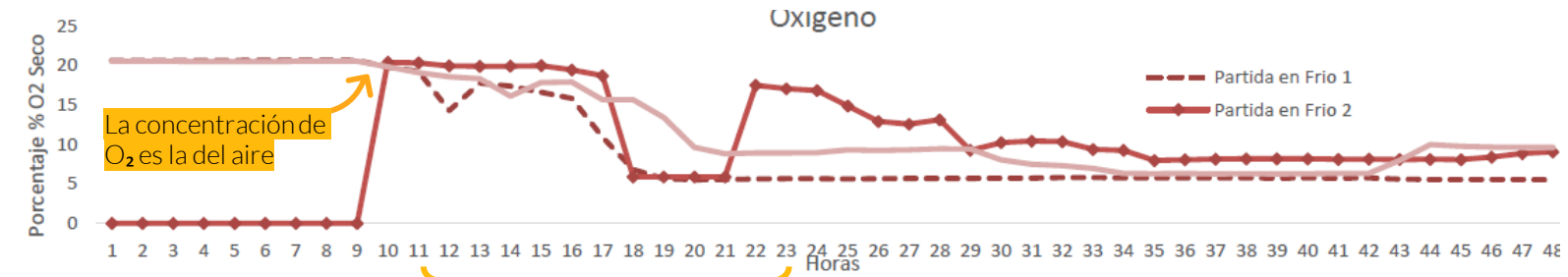
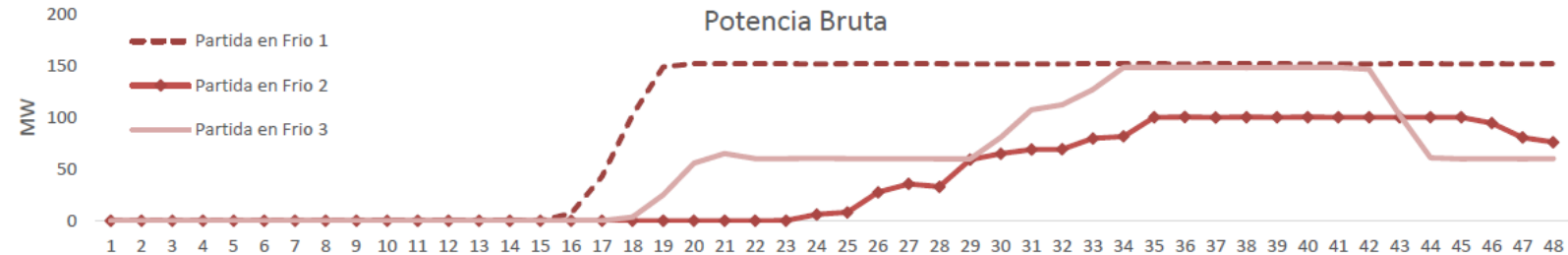
Proceso de partida en frío de unidad a carbón



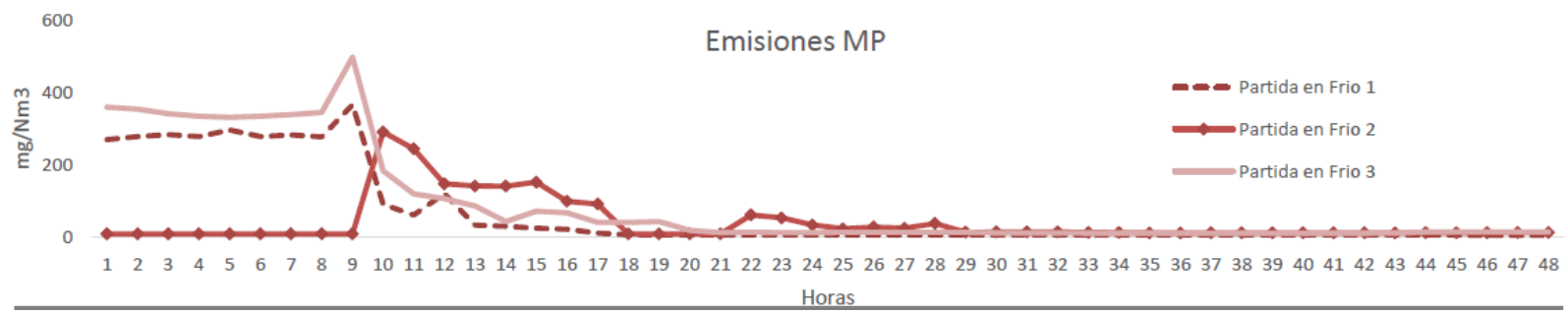
Operación con ciclaje: mediciones en partidas y paradas

Los proceso de partidas y paradas no son homogéneos ni perfectos, tienen diferentes duraciones.

Durante partidas y paradas se pueden presentar concentraciones de O₂ medidas altas. Esto ocurre porque las partidas utilizan exceso de aire, y en las paradas la concentración de gases en la chimenea comienza a asemejarse a la del aire a medida que se detiene el proceso de combustión.



La concentración de O₂ comienza a bajar progresivamente



Emisiones corregidas por O₂ pueden resultar artificialmente altas.

3

Comentarios Finales

Comentarios finales

- La normativa Europea y de EEUU **no poseen límites de concentraciones de contaminantes a nivel horario**, si no que se consideran otras alternativas de cumplimiento. Por ejemplo: promedio móvil de 4 horas o 30 días (EEUU); o valores medios diarios, mensuales, u horarios pero con límites de concentración más altos, o intervalos de confianza (Europa).
- La normativa ambiental actual **limita los mínimos técnicos** de las centrales a gas, imponiendo **límites mayores a los de diseño**. Durante el proceso de transición energética, inflexibilidades en centrales térmicas significan mayor generación térmica en algunas horas, y por ende, más vertimiento de energía renovable, mayores emisiones de CO₂, y mayores costos de operación del sistema, algunos de los cuales son traspasados a los clientes.
- La normativa internacional hace diferencia en los límites de emisión para turbinas que operan a una menor capacidad que su capacidad nominal.



Comentarios finales

- La normativa internacional **no recomienda considerar las partidas y las paradas** para el cumplimiento de emisiones, aunque sí se debe asegurar que estas sean **lo más cortas posibles y que los equipos de control de emisiones entren en funcionamiento** tan pronto como sea posible.
- Considerar las mediciones durante períodos de partida como un **dato tendencial y no para fines de cumplimiento regulatorio**.
- Si es que aún así se requiere considerar las emisiones de partida y parada para cumplimiento de la normativa, la US EPA permite limitar las concentraciones de oxígeno seco medidas **mediante el uso de un *cap value*** para evitar obtener valores de contaminantes corregidos artificialmente altos.
- Requerimientos futuros del DS13 deben considerar **una flexibilidad adecuada para permitir potenciales mezclas de combustibles o nuevos energéticos** asociados a reconversión de centrales. Por ejemplo, reconversión de calderas a gas, co-combustión carbón diésel/gas/amoniaco/hidrógeno verde entre otros. Actualmente no hay información al respecto.



inodú

inodú

Referencias adicionales

US EPA. (2000). 40 CFR Part 72 Permits Regulation .

US EPA. (2013). National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Coal and Oil Fired Electric Utility Steam Generating Units Reconsideration ; Summary of Public Comments and Responses.

US EPA. (2013b). Assessment of startup period at coal-fired electric generating units .

US EPA. (2013c). 40 CFR 75 Continuous Emission Monitoring .

US EPA. (2013d). Part 75 Emissions Monitoring Policy Manual.

US EPA. (2014). National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Coal and Oil Fired Electric Utility Steam Generating Units Reconsideration of Certain Startup/ Shutdown Issues; Summary of Public Comments and Responses.

US EPA. (2014b). 40 CFR Parts 60 and 63, Reconsideration of Certain Startup/ Shutdown Issues.
88