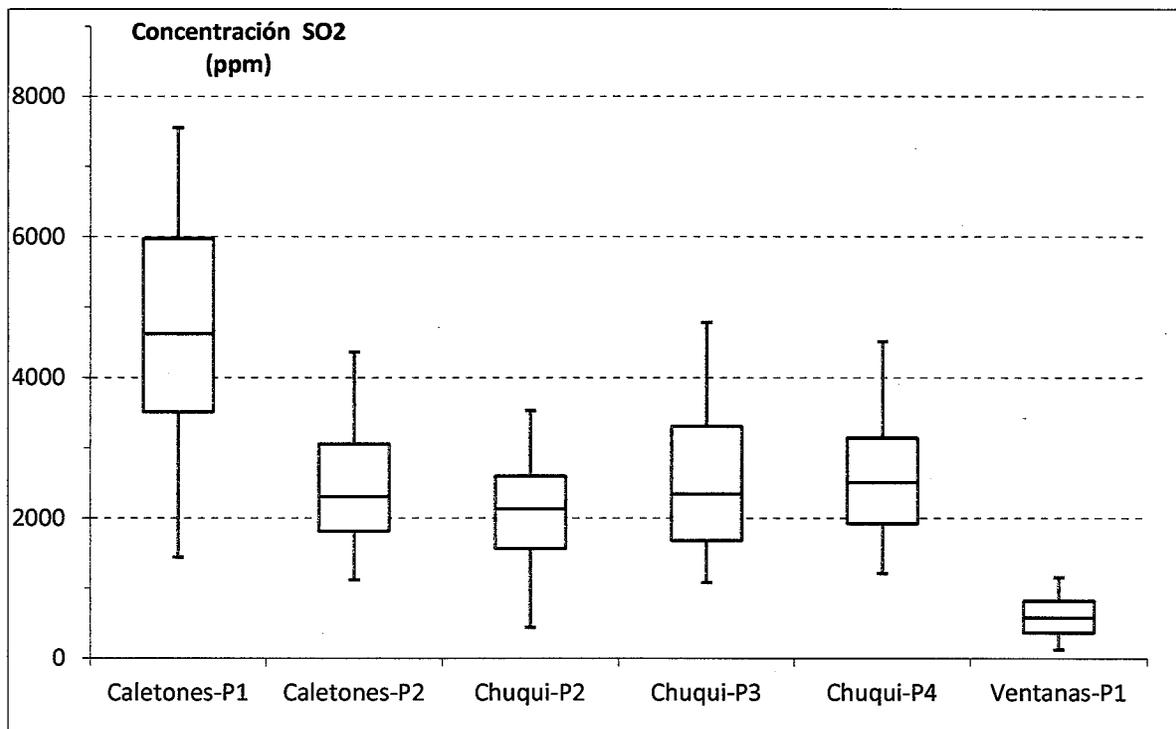


**Base de datos de concentraciones horarias de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) de las plantas de ácido de las fundiciones de cobre: Chuquicamata, Ventanas y Caletones**

El siguiente gráfico muestra las variaciones de las concentraciones horarias de las chimeneas de las plantas de ácido de las fundiciones de cobre de Chuquicamata, Ventanas y Caletones, que pertenecen a CODELCO. Se observa que las menores concentraciones son de la fundición Ventanas, debido a que es la única fundición de CODELCO que posee una planta de ácido doble con una eficiencia de conversión de SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> promedio de 99,2%.



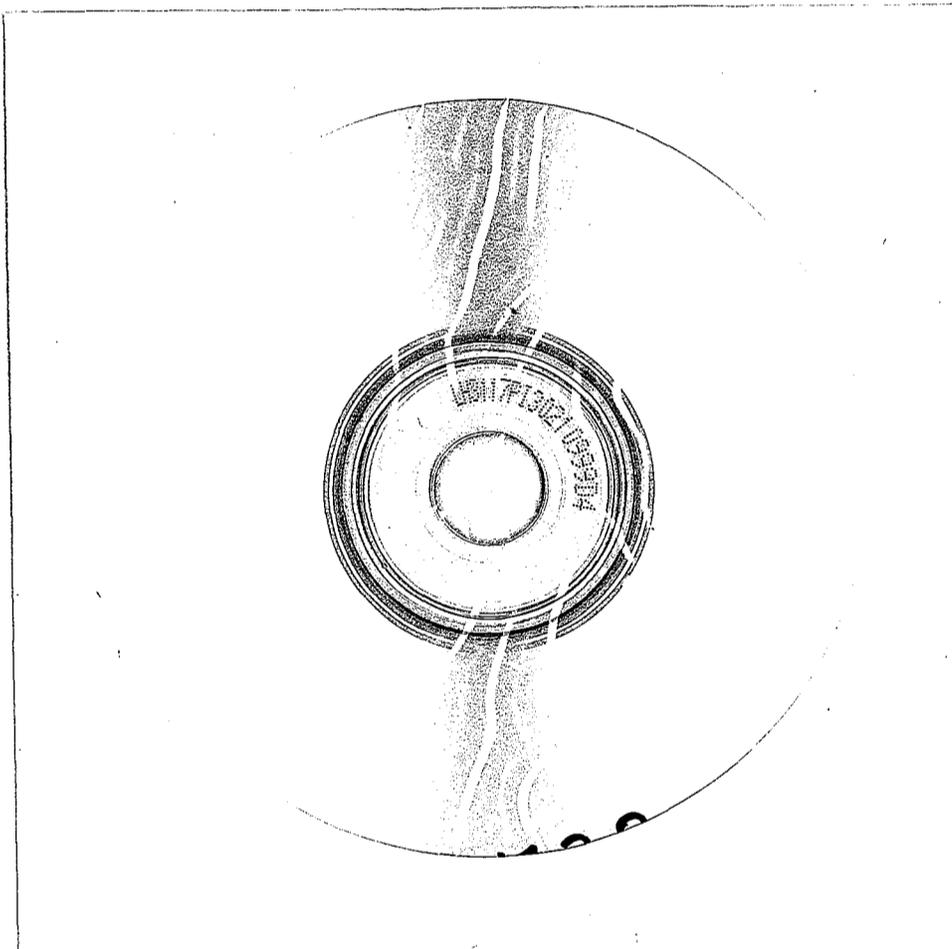
**Gráfico 1: Concentraciones horarias de la chimenea de las plantas de ácido de las fundiciones de cobre: Chuquicamata, Ventanas y Caletones. Esta información fue entregada por CODELCO al Ministerio del Medio Ambiente, en mayo del 2012.**

Se adjunta toda la base de datos en formato digital (CD).

//...

000738

**Base de datos de concentraciones  
horarias de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)  
de las plantas de ácido de las fundiciones  
de cobre:  
Chuquicamata, Ventanas y Caletones**



14.06.2012

## **MINUTA**

La presente Minuta contiene información a ser usada como parte del expediente público que servirá de base para la discusión de la futura Norma de emisión para las Fundiciones de Cobre en Chile.

### **1. Emisiones anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>).**

La tabla siguiente indica las emisiones de SO<sub>2</sub> para el periodo 2005-2011 de cada una de las fundiciones que operan en Chile.

**Emisiones Anhídrido Sulfuroso (ton/año)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Chuquicamata	57 510	75 730	78 190	67 620	90 610	115 100	109 000
Potrerrillos	93 390	89 240	80 272	86 866	99 730	61 968	97 406
Ventanas	24 300	27 460	23 020	21 328	20 314	15 590	13 840
Caletones	115 800	152 740	155 056	107 984	141 144	128 468	60 560
HVL			22 380	24 082	24 688	21 344	22 610
Altonorte			61 192	56 508	39 599	39 958	
Chagres			15 581	11 508	14 153	13 864	

Nota: Los valores para Chuquicamata, Potrerillos, Ventanas, Caletones y Chagres son los reportados en los Informes de Sustentabilidad de cada fundición. Los valores para HVL y Altonorte fueron informados por las respectivas empresas.

### **2. Emisiones de Arsénico (As).**

La tabla siguiente contiene las emisiones de As para el periodo 2005-2011 de cada fundición.

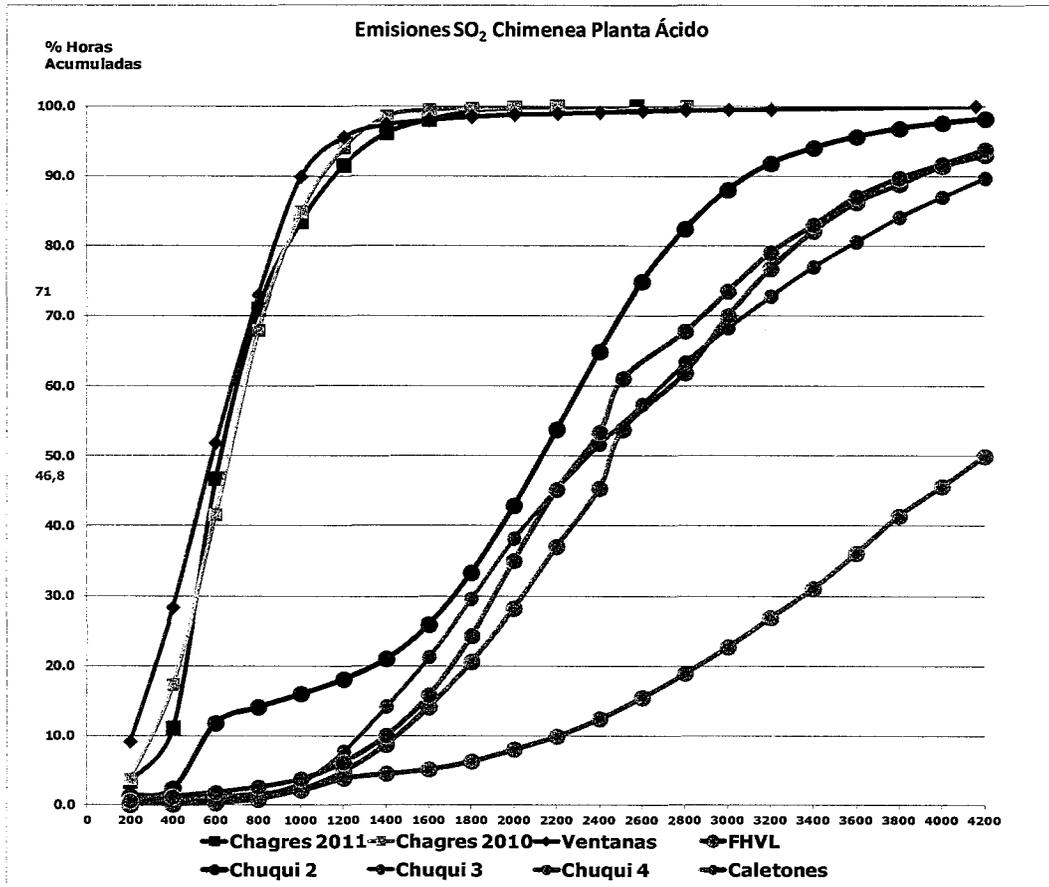
**Emisiones Arsénico (ton/año)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Chuquicamata	370	350	390	640	470	70	520
Potrerrillos	720	780	600	260	100	460	600
Ventanas	50	80	70	60	70	120	90
Caletones	120	70	90	140	140	200	250
HVL	12,4	12,7	17,3	11	19,11	14,2	11,6
Altonorte	90	124	126	102	121	83	97
Chagres	88,3	84,4	47,5	8,9	16,9	2,69	

Nota: Los valores para Chuquicamata, Potrerillos, Ventanas, Caletones, Altonorte y Chagres son los reportados en los Informes de Sustentabilidad de cada fundición. Los valores para HVL y Altonorte fueron informados por las respectivas empresas.

**3. Mediciones de Concentraciones Horarias SO<sub>2</sub> en Chimeneas Plantas de Ácido.**

En el gráfico siguiente se observa la frecuencia acumulada de las concentraciones horarias en las chimeneas de las plantas de ácido de las fundiciones. Las curvas que representan las mediciones en Chagres y HVL son las que representan las emisiones en los años 2010-2011. Para las fundiciones de Chuquicamata, Ventanas y Caletones la información corresponde al año 2011. Las fundiciones de Altonorte y Potrerillos no disponen de mediciones sistemáticas de emisiones por las chimeneas de las plantas de ácido.



No se incluye en los datos graficados los tiempos de mantención, los registros que indican una concentración igual a cero ni los registros en que el dato no existe. Se adjuntan los archivos Excel con la información entregada por cada una de las fundiciones.

**4. Proyección Contenidos Azufre (S) y As Periodo 2018-2022.**

La tabla siguiente muestra las proyecciones de contenidos de S y As para los concentrados alimentados a las fundiciones de Chuquicamata, Potrerillos, Ventanas y Caletones. Dada la naturaleza del negocio de las fundiciones de Altonorte y HVL consiste fundamentalmente en

maquilar concentrados de terceros, esta información no está disponible. La fundición de Chagres no dispone de esta información.

**Proyección Contenidos Azufre y Arsénico**

	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Fundición Chuquicamata</b>					
Ley de Cu	34.4	34.1	33.5	34.5	35.9
Ley de S	28.9	28.9	28.9	28.9	28.1
Ley de As	0.24	0.39	0.45	0.73	0.94
<b>Fundición Potrerillos</b>					
Ley de Cu	29.0	30.1	29.5	28.3	29.1
Ley de S	34.0	34.0	34.1	34.4	34.4
Ley de As	0.27	0.43	0.36	0.52	0.60
<b>Fundición Ventanas</b>					
Ley de Cu	27.1	27.2	27.1	27.2	27.1
Ley de S	32.0	32.1	32.0	32.1	32.0
Ley de As	0.24	0.21	0.18	0.21	0.23
<b>Fundición Caletones</b>					
Ley de Cu	27.1	28.4	28.3	28.2	28.5
Ley de S	33.1	33.1	33.1	33.1	33.1
Ley de As	0.19	0.18	0.17	0.18	0.18

Información proporcionada por Codelco. Se adjunta archivo Excel correspondiente.

**5. Respaldo Aumento Marginal Capacidad Fusión.**

La Capacidad de fusión de una fundición de concentrado de cobre la define en forma principal el o los equipos de fusión con que la fundición opere. A excepción de Chagres, todas las fundiciones de concentrado en Chile operan Convertidores Teniente (CT) (ara estos efectos se considera que el reactor Noranda que opera la fundición de Altonorte es como un CT).

El propietario de la tecnología, Codelco, ha realizado al menos dos programas de innovación y desarrollo tendientes a potenciar esta tecnología de fusión en todos sus aspectos. Desde el año 1977 año de su implantación en la fundición de Caletones y hasta el año 1996, la tecnología CT ha tenido un proceso de mejoramiento continuo y sostenido, con avances importantes en la optimización de los parámetros operacionales del equipo, transformándose en la tecnología de fusión elegida por la mayoría de las fundiciones en Chile.

La Tecnología CT es una real alternativa tecnológica que consistente en el procesamiento autógeno de fusión y conversión parcial de concentrados de cobre. Se caracteriza por la inyección en baño fundido de aire enriquecido y concentrado mediante el uso de toberas sumergidas, en que los Convertidores Teniente (CT) se posicionan como el centro base de la fusión-conversión de concentrado asociado al resto de los sistemas operativos, Plantas de Secado de Concentrado (fluosólido o rotatorio), Convertidores Peirce Smith (CPS), Hornos de Limpieza de Escoria (Eléctrico o tipo Teniente), sistemas de Manejo de Gases, Plantas de Acido y Hornos de Refinación.

Los principales hitos en la innovación de esta tecnología de fusión, se muestran en la siguiente tabla:

Hito	IMPLEMENTACION (AÑO)
Enriquecimiento de oxígeno (28%-30%)	1977
Cambio línea toberas en caliente	1982
Inyección de concentrado Seco	1989
Limpieza pirometalúrgica de escorias	1991

En el año 1996, con base en los estudios de prefactibilidad del plan de desarrollo de la Fundición Potrerillos, se inició un proceso de potenciamiento de la tecnología CT con énfasis en el control ambiental, reducción de costos, aumentos de productividad y en un mejor manejo y tratamiento de escorias. Esto dio origen a un Programa Tecnológico. Los objetivos específicos de este Programa Tecnológico para el CT fueron los siguientes:

- Potenciar la Tecnología Teniente para alcanzar estándares internacionales de costos, productividad y control del medio ambiente.
- Incrementar el know how conducente a sustentar futuros quiebres tecnológicos relevantes
- Impulsar el mejoramiento continuo en materias que les interese a los usuarios de la tecnología.
- Ofrecer al mercado una solución integral para el tratamiento de concentrados de cobre desde la fusión de los mismos hasta la producción de cobre blister, el tratamiento de escorias y el control, tratamiento y disposición de contaminantes y efluentes, compatible con los requerimientos ambientales.

El programa consistió en desarrollar los siguientes 18 proyectos de innovación e investigación:

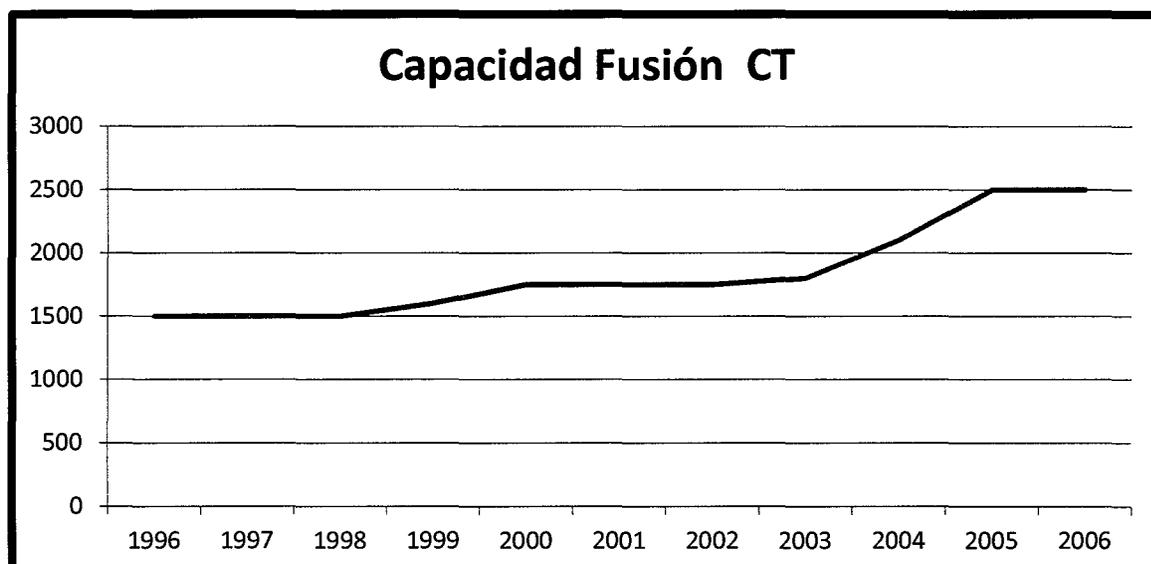
1. **Fenomenología de Generación y Control de Oxidación de Escorias.** Objetivo: Evaluar a escala laboratorio e industrial la eficiencia del grado de reducción de escorias del CT mediante el uso de quemadores sumergidos o de reductores a diferentes condiciones operacionales.
2. **Tratamiento Externo de Escorias Conversión y de Refino.** Objetivo: Evaluar el enfriamiento y granallado de escorias de retorno para su adición en estado sólido al CT y su efecto térmico en el proceso de fusión y calidad de escoria resultante.
3. **Sistema Manejo Gases.** Objetivo: Modelar, adaptar o desarrollar tecnología que permita determinar las infiltraciones u obstrucciones en ductos y automatizar el control de procesos, para asegurar la estabilidad térmica y calidad de los gases a planta de ácido.
4. **Enriquecimiento aire soplado.** Objetivo: Evaluar a escala piloto e industrial el uso de tecnologías de mercado o de propio desarrollo para el uso de aire altamente enriquecido en oxígeno por toberas en el CT.
5. **Sistema Control de Procesos.** Objetivo: Diseñar o adaptar tecnologías orientadas a la medición continua de niveles de fases, muestreo y análisis de productos fundidos en línea, flujos de sólidos en transporte neumático, apertura y tapado de sangrado de líquidos y desarrollo de estrategias de control para operación integrada de la instrumentación.
6. **Fusión de concentrado por Lanzas.** Objetivo: Evaluar la factibilidad técnica en pruebas a escala industrial del uso de la tecnología Mitsubishi de fusión por lanzas en CT.

7. **Captación, tratamiento de polvos y confinamiento de impurezas.** Objetivo: Estudiar la factibilidad técnico-económica de procesos alternativos de tratamiento de polvos pirometalúrgicos y fijación de impurezas en compuestos estables.
8. **Optimización de operación CPS.** Objetivo: Estudiar los efectos de las variables operacionales, de diseño y de proceso para optimizar el control de la generación de materiales circulantes y calidad del cobre blister.
9. **Mantenimiento Predictivo-Proactivo.** Objetivo: Probar y adaptar el uso de sensores, hardware y software necesarios para implantar una política integral de mantenimiento predictivo-proactivo.
10. **Movimiento de líquidos en ollas revestidas con refractarios.** Objetivo: Evaluar la factibilidad técnico-económica de usar tecnologías de mercado en el recubrimiento refractario de ollas o tazas, a fin de disminuir la generación de materiales circulantes y costos de mantención.
11. **Inicio autónomo de Operación CT.** Objetivo: Seleccionar la mejor alternativa de puesta en marcha de un CT sin adición de mata o eje de otro horno de fusión.
12. **Estudio Integral Duración Campaña.** Objetivo: Utilizar la información operacional, estadística y bibliográfica existente, modelamientos fluidodinámicos, seguimientos y mediciones industriales para elaborar procedimientos de operación que aseguren un desgaste mínimo del material refractario prolongando la campaña operacional del CT.
13. **Sistemas de Alimentación y Descargas CT.** Objetivo: Estudiar los sistemas de inyección de fundente, concentrado seco en fase densa o mixta, en el garr-gun y en alternativas de sangrado de productos. Determinar, en cada caso, sistema más ventajoso evaluarlo y mejorarlo de tal forma que una vez finalizada la investigación se logre incrementos de disponibilidad y soplado del CT aplicando las mejores técnicas.
14. **Tratamiento continuo de Escorias.** Objetivo: Estudiar la cinética de la reducción, pruebas de laboratorio, piloto e industriales, verificando la factibilidad técnica de reducir en forma continua la escoria generada en el CT y determinando los parámetros necesarios para el diseño y operación del equipo industrial.
15. **Reactor a Blister.** Objetivo: Verificar la factibilidad técnica de procesar en forma continua la fusión-conversión de concentrado a matas de alta ley y su conversión a cobre blister en un solo reactor.
16. **Conversión Continua.** Objetivo: Producir en forma continua cobre blister a partir de metal blanco en un CPS acondicionado para pruebas. Obtener los parámetros necesarios de diseño y operación de un reactor continuo industrial.
17. **Fenomenología Convertidor Teniente.** Objetivo: Incorporar un mayor conocimiento de los fenómenos fisicoquímicos y de transporte involucrados en el proceso pirometalúrgico en el interior del CT, a través de modelamientos físicos y matemáticos.
18. **Sistema Base de Datos.** Objetivo: Crear un sistema de información corporativo que permita almacenar y consultar información relacionada a la tecnología del CT, incluyendo operaciones anexas tales como el tratamiento de metal blanco y escorias, el manejo de gases y de polvos, y el movimiento de materiales.

Dentro de los logros alcanzados destacan los siguientes: incremento del tiempo de soplado; incremento de la eficiencia de soplado; sangrado oportuno de productos (Metal blanco y escoria); mayor estabilidad de la ley Cu en las escorias generadas; eliminación del retorno de las escorias generadas en los CPS; mayor estabilidad y menor volumen de gases enviados a las plantas de ácido; mayor disponibilidad operacional y un incremento de la campaña operacional.

Las metas alcanzadas, considerando como base el año 1996, proyectaron una disminución del costo operacional en un 32 %, un aumento de la productividad en un 74% y una contribución para el control de emisiones.

En el gráfico siguiente se muestra el incremento de las capacidades de fusión alcanzadas por el CT de 5x22 en campañas de corta duración.

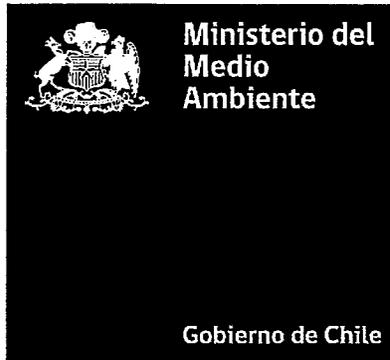


Como promedio anual se estima una capacidad de procesamiento de concentrado de 2.250 ton/día, una disponibilidad operacional del 95 %, una captación eficiente de gases y un adecuado control operacional.

A partir del año 2005 se desarrolló un nuevo Programa Tecnológico orientado a seguir potenciando las capacidades del CT. Este nuevo programa se abordó y desarrolló por medio de los siguientes siete proyectos de innovación e investigación.

1. **Modelo Fenomenológico-Fluidodinámica del CT.** Objetivo: Asegurar la estabilidad de la operación del CT desde el punto de vista fenomenológico.
2. **Estudio Termomecánico del CT.** Objetivo: asegurar la estabilidad termomecánica del convertidor en un escenario de altas tasas de fusión de concentrado seco.
3. **Uso Tecnología "Big Blaster" para destape de Toberas de Soplado.** Objetivo: Reemplazar el sistema actual de limpieza de toberas de soplado por una nueva tecnología que permita mejorar continuidad de soplado, ubicación diseño y duración de toberas.
4. **Estudio Fundamental de uso de Refractarios.** Objetivo: Examinar conceptualmente el mejor diseño de mampostería refractaria en el CT, para maximizar la duración de las campañas de operación a altas tasas de fusión.
5. **Sistema Control Supervisor.** Objetivo: potenciar el nivel de control supervisor sobre variables críticas, tales como la duración de componentes, para incrementar estabilidad operacional ante aumento de su intensidad operativa.
6. **Diseño Sistema de Evacuación de Líquidos.** Objetivo: Diseñar un sistema de evacuación de líquidos que sustente la continuidad operacional del CT a altas tasas de fusión.
7. **Evaluación de Prototipos de Refrigeración.** Objetivo: obtener nuevas alternativas de extracción de calor para incrementar disponibilidad y fusión del CT de manera sustentable.

El Know-How adquirido por las Fundiciones que operan CT y el desarrollo de estos programas tecnológicos permite afirmar que es muy probable que una vez que se incorpore toda la información y conocimiento generados en la operación de los CT se logre, dentro de los próximos cinco años, incrementos de capacidad de fusión en esas fundiciones en una cantidad equivalente a al menos 5% de su capacidad actual.



**ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y  
SOCIAL DE LA NORMA DE EMISIÓN DEL  
ANTEPROYECTO NORMA DE EMISIÓN PARA  
FUNDICIONES DE COBRE Y FUENTES EMISORAS DE  
ARSÉNICO**

Documento Preparado Por:  
**División de Estudios**  
Departamento de Economía Ambiental  
**Ministerio del Medio Ambiente**

Santiago, Junio 2012



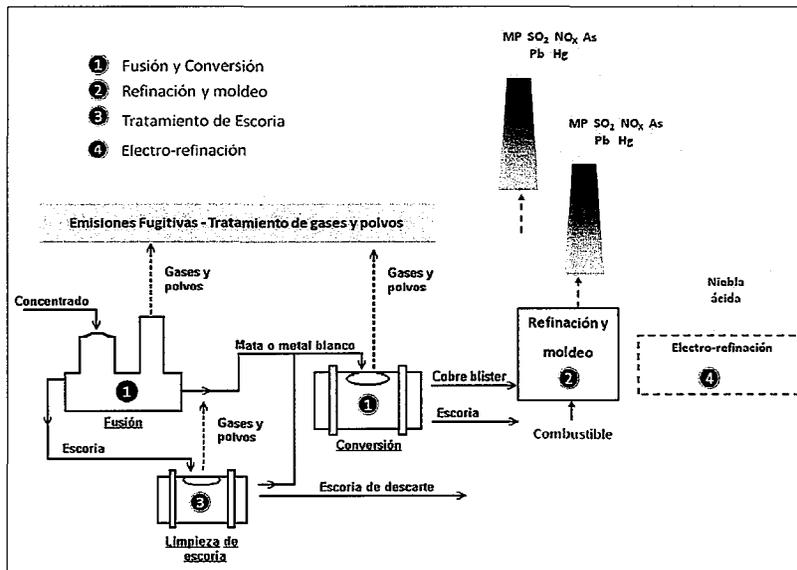
## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. LÍNEA BASE Y ESCENARIO CON NORMA.</b> .....	<b>6</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
4.1 BENEFICIOS .....	9
4.1.1 <i>Material particulado fino (MP<sub>2.5</sub>)</i> .....	10
4.1.2 <i>Arsénico (As)</i> .....	11
4.2 COSTOS.....	11
4.3 ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE.....	13
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
5.1 BENEFICIOS Y COSTOS .....	14
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>17</b>
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	<b>18</b>

## 1. Introducción

La fundición de cobre es un proceso pirometalúrgico de la industria de la minería que tiene por objetivo la producción de cobre metálico. Para ello, los concentrados de cobre proveniente de la extracción minera, son tratados para separar el cobre de otros compuestos tales como azufre, hierro, sílice, entre otros.

Figura 1-1. Diagrama del proceso de fundición.



Fuente: (MMA 2012a)

Dadas las características del proceso, las fundiciones de cobre generan importantes emisiones de contaminantes atmosféricos (dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), arsénico (As) y mercurio (Hg)) que afecta a la salud de las personas y causar importantes daños al medio ambiente. Por estos motivos, en el contexto del Programa Estratégico de Normas definido por la Comisión Nacional del Medio Ambiente correspondiente al año 2010, se priorizó la elaboración de una norma de emisión para fundiciones de cobre.

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Emisión. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS N° 93/95), se requiere de un análisis técnico y económico de las propuestas normativas. En particular, el reglamento señala que se realizará un “análisis general del impacto económico y social de la o las normas contenidas en dicho anteproyecto” que sirva como apoyo a la toma de decisiones.

El presente documento se desarrolla en cuatro secciones. La primera, presenta un resumen del anteproyecto de norma analizada según los puntos de relevancia para la evaluación del AGIES; en segundo lugar, se hace referencia a la metodología utilizada para el cálculo de costos y beneficios de la norma; la tercera parte, se exponen los principales resultados del análisis, y finalmente, se detallan las conclusiones del análisis.

## 2. Descripción de la normativa

El anteproyecto “Norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico” (MMA 2012c) tiene por objetivo disminuir efectos nocivos de los contaminantes emitidos por este sector productivo. Para ello, la normativa limita las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), arsénico (As) y mercurio (Hg) para las fundiciones de cobre existentes y nuevas, y cualquier fuente emisora cuyo contenido de arsénico en la alimentación es superior a 0,005% en peso. Son 7 las fundiciones existentes: Altonorte, Caletones, Chagres, Chuquicamata, Hernán Videla Lira (HVL), Potrerillos y Ventanas.

El anteproyecto restringe las emisiones de dos formas. En primer lugar, se limita las toneladas anuales de SO<sub>2</sub> y As asumiendo 95% de captura para ambos contaminantes, en relación a la línea base aumentada en un 5%<sup>1</sup>. De esta manera, los límites de emisión considera la capacidad nominal de cada fundición, las cuales se les exige implementar medidas de mitigación para alcanzar un mismo nivel de eficiencia. Las fundiciones de Chagres y Altonorte poseen límites más estrictos por la existencia de Planes de Descontaminación Ambiental (PDA) vigentes. Considerando lo anterior, la norma de emisión  $NE_{ij}$  se calcula con la siguiente expresión:

$$NE_{ij} = \text{Min} \{ PDA_{ij} , CN_{ij} \cdot x_{ij} \cdot 1.05 \cdot (1 - \eta) \cdot RPM_j \}$$

$i$ : fundición

$j$ : parámetro

$NE_{ij}$ : norma de emisión [ton/año]

$PDA_{ij}$ : límite de emisión determinado en un PDA para la fundición [ton/año]

$CN_{ij}$ : capacidad nominal [ton/año]

$x_{ij}$ : proporción del parámetro en el concentrado de cobre

$\eta$ : captura o eficiencia de la norma, igual a 95%

$RPM_j$ : relación entre el peso molecular del parámetro en el aire vs. su fase sólida, igual a 2 y 1 para el SO<sub>2</sub> y As respectivamente

Los límites de emisión y los valores para su cálculo son representados en la tabla a continuación:

<sup>1</sup> Este aumento está asociado a otorgar cierta flexibilidad en la norma ante un aumento de eficiencia del proceso productivo, tales como mantenciones más cortas.

Tabla 2-1. Límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> y As para fuentes existentes (ton/año)

Fundición	Capacidad nominal (ton/año)	S (%)	As (%)	Norma emisión SO <sub>2</sub> (ton/año)	Norma emisión As (ton/año)
Altonorte	1.160.000	31,0	0,42	24.000	126
Caletones	1.372.000	33,1	0,18	47.684	130
Chagres	660.000	30,0	0,10	13.950	26
Chuquicamata	1.650.000	28,7	0,55	49.723	476
HVL	350.000	35,0	0,09	12.881	17
Potrerrillos	680.000	34,2	0,44	24.419	157
Ventanas	436.000	32,0	0,21	14.650	48
<b>Total</b>				<b>187.306</b>	<b>980</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos CODELCO

En segundo lugar, se limita las emisiones de chimeneas para algunos procesos en particular. Las plantas de ácido deben emitir una cantidad inferior o igual a 800 ppm<sub>v</sub><sup>2</sup> de SO<sub>2</sub> y emitir una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As; los secadores y los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual a 50 mg/Nm<sup>3</sup> de MP y adicionalmente, los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As.

Tanto estos límites como los de captura serán obligatorios a partir del quinto año posterior a la publicación de la norma en el Diario Oficial de Chile. Para los 5 primeros años, la norma exige mantener las emisiones históricas a través de un límite de emisión calculado como el promedio de los años 2006 a 2010 señalados en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Congelamiento de emisión SO<sub>2</sub> (ton/año)

Fundición	2006	2007	2008	2009	2010	Límite emisión
Altonorte	61.192	56.508	39.599	39.958	49.314	51.500
Caletones	155.056	107.984	141.144	128.468	60.560	124.500
Chagres	15.581	11.508	14.153	13.943	13.796	14.500
Chuquicamata	78.190	67.620	90.610	115.100	109.020	96.500
Paipote (HVL)	22.380	24.082	24.688	21.344	22.610	24.000
Potrerrillos	80.272	86.866	99.730	61.968	97.406	89.500
Ventanas	23.020	21.328	20.314	15.590	13.840	19.500
<b>Total</b>						<b>420.000</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos CODELCO

<sup>2</sup> Partes por millón en volumen.

### 3. Línea base y escenario con norma.

Se estima que los límites globales de la norma implica una reducción del 50% y 37% de las emitidas en la línea base para el SO<sub>2</sub> y As, aproximadamente 210.000 y 390 ton/año respectivamente (Tabla 3-1)<sup>3</sup>. Es importante mencionar que tanto Altonorte como Chagres poseen compromisos adicionales de reducción de emisiones de SO<sub>2</sub>, por lo que para efectos del análisis de costos y beneficios desarrollado en los capítulos precedentes no fueron considerados.

Tabla 3-1. Emisiones base y con proyecto de SO<sub>2</sub> y As por fundición.

Fundición	Captura base promedio	Emision base (ton/año)	Reducción norma (ton/año)
Altonorte	93,1%	49.314	25.314
Caletones	86,9%	118.642	
Chagres	96,5%	13.796	0
Chuquicamata	93,2%	64.403	14.680
HVL	90,6%	23.021	10.140
Potrerillos	81,7%	85.248	330
Ventanas	93,3%	18.818	4.169
<b>Total</b>		<b>373.243</b>	<b>186.091</b>

Fuente: Elaboración propia en base a CODELCO y (MMA 2012b)

Tabla 3-2. Emisiones base y con proyecto de As por fundición.

Fundición	Captura base promedio	Emision base (ton/año)	Reducción norma (ton/año)
Altonorte	96,0%	195	69
Caletones	90,9%	225	95
Chagres	94,3%	38	12
Chuquicamata	98,2%	163	0
HVL	91,3%	27	11
Potrerillos	88,1%	356	
Ventanas	95,1%	45	0
<b>Total</b>		<b>1.049</b>	<b>385</b>

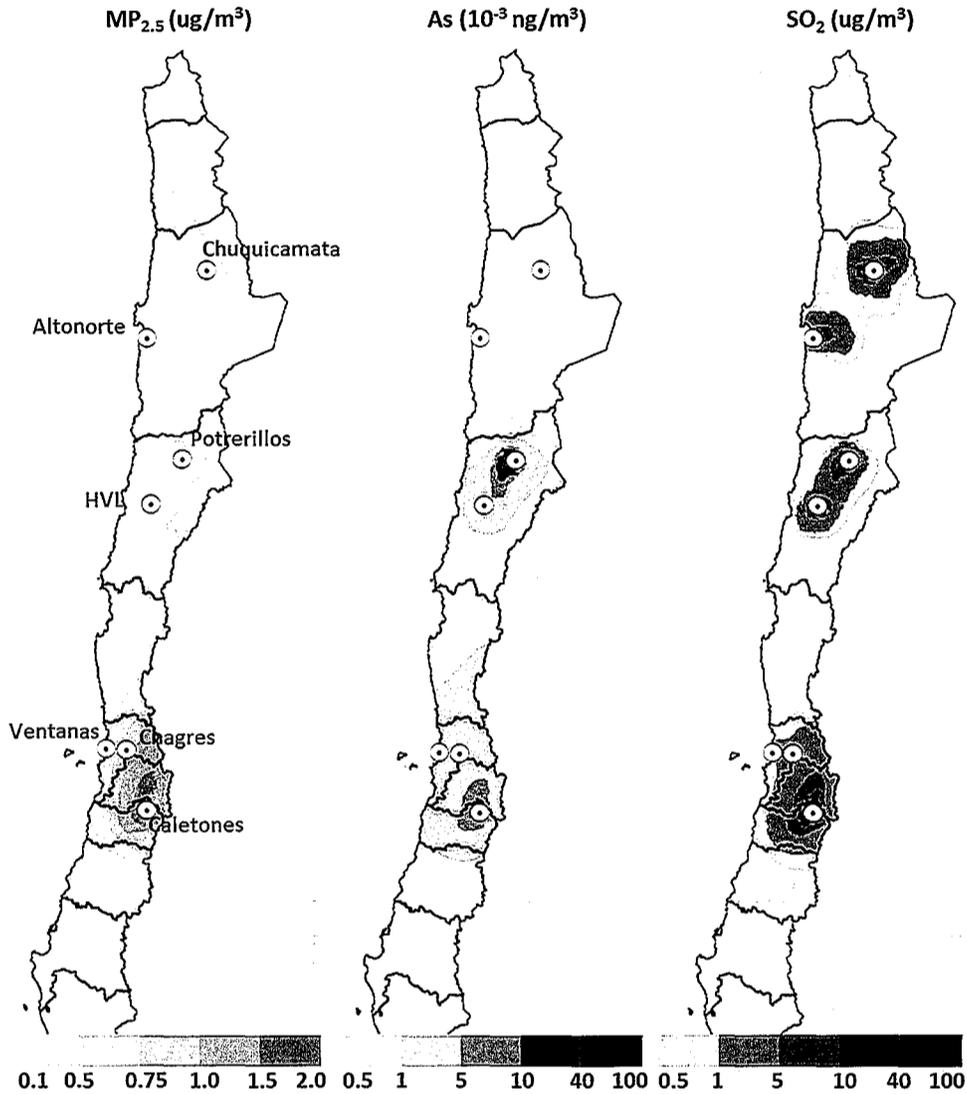
Fuente: Elaboración propia en base a CODELCO y (MMA 2012b)

Las mayores reducciones de SO<sub>2</sub> producto de la norma se concentran en Potrerillos y Caletones con aproximadamente 130.000 ton/año en conjunto, equivalente a un 71% de las reducciones totales. Esto se debe a que Potrerillos debe aumentar en más de 12 puntos porcentuales su captura actual para cumplir con la norma, mientras que Caletones, producto de su gran nivel de actividad, cada punto implica importantes reducciones de emisiones. El caso del arsénico es semejante, dado que son las mismas dos fundiciones las que abaten la mayoría de las emisiones de la norma (76% del total).

<sup>3</sup> A partir de información proporcionada por CODELCO, se considera como línea base la transformación de Chuquicamata a una línea flash, lo que incide en la captura base.

Las reducciones de emisiones producen una disminución de concentraciones atmosféricas de material particulado, SO<sub>2</sub> y As. Para estimar la mejora en la calidad del aire  $\Delta C_i$ , se utilizó el modelo CALMET-CALPUFF (MMA 2012a), el cual simula para los escenarios con y sin norma la dispersión de contaminantes en la atmósfera a largas distancias de la fuente emisora, incorporando la fotoquímica de los contaminantes para la generación de material particulado secundario<sup>4</sup>. El beneficio de la norma corresponde a la diferencia entre los dos escenarios modelados, gráficamente representado en la Figura 3-1. En ella se aprecia que las mayores reducciones de contaminantes corresponden a zonas aledañas a las fundiciones que en línea base no cumplían con los límites de la norma.

Figura 3-1. Reducción de concentraciones de MP<sub>2.5</sub>, As y SO<sub>2</sub> producto de la norma de emisión (ug/m<sup>3</sup>)



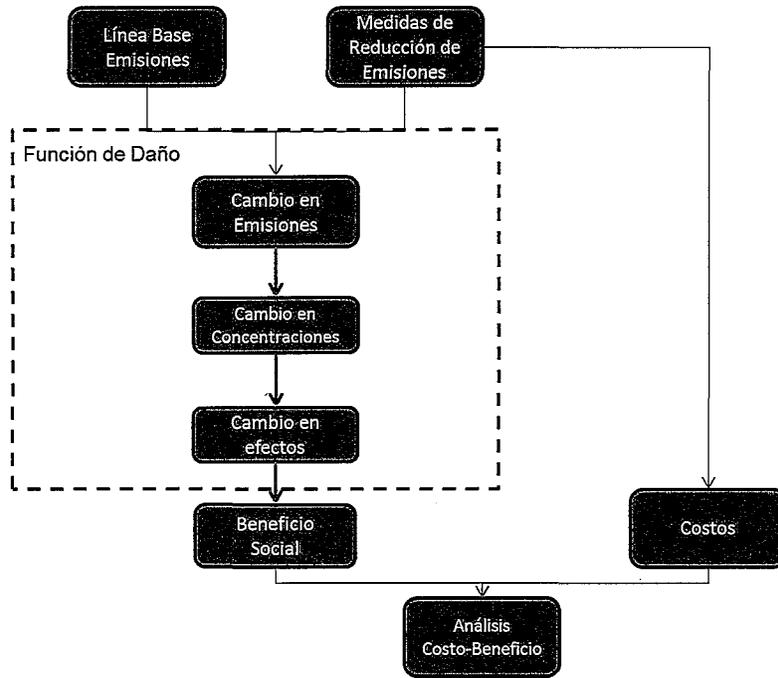
Fuente: Elaboración propia en base a (MMA 2012a)

<sup>4</sup> Formación de sulfatos producto de las emisiones de SO<sub>2</sub> de las fundiciones. Los resultados obtenidos por (MMA 2012a) fueron calibrados para representar la proporción MP<sub>2.5</sub> y As asociable a fundiciones de cobre que ha sido reportada en (Kavouras, P. et al. 2001) en base a análisis de filtros (Artaxo 1999) de diferentes comunas del país.

#### 4. Metodología

La metodología empleada en la elaboración del AGIES corresponde a un Análisis Costo-Beneficio (ACB), el cual ha sido ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de regulaciones ambientales (EPA 2010). La reducción de emisiones asociadas al cumplimiento de la normativa tiene efectos económicos, sociales y medioambientales, que se resumen en beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado, tópicos que serán abordados en el presente capítulo.

Figura 4-1. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio



Fuente: Evaluación propia basado en (EPA 2000; MMA 2011)

La metodología utiliza la denominada Función de Daño, la cual consiste en una serie de etapas que estiman el número de casos de los distintos efectos adversos ocasionados por la contaminación, que son evitados producto de una reducción de emisiones. Finalmente, se compara los beneficios valorizados con los costos debido a la implementación de medidas de abatimiento de emisiones.

La metodología utilizada en el AGIES, particularmente sus costos y beneficios, se detalla a continuación<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Para mayor detalle consultar el documento “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA, 2011).

## 4.1 Beneficios

Los beneficios proporcionados por las normas que limitan emisiones de contaminantes dependen principalmente de las características físicas y químicas del parámetro regulado, y de los receptores de la emisión. Si bien la literatura ha identificado numerosos efectos nocivos provocados por la contaminación, sólo algunos de éstos pueden llegar a valorizarse debido a limitantes de información y/o dificultades metodológicas.

La norma de fundiciones debe sus beneficios a la disminución de concentración ambiental de material particulado fino<sup>6</sup> (MP<sub>2,5</sub>) y arsénico (As). La Tabla 4-1 muestra los beneficios identificados de la norma de fundiciones y los finalmente valorizados, indicando, por una parte, el parámetro asociado a dicho beneficio y la escala espacial donde es posible percibirlos.

Tabla 4-1. Beneficios identificados y valorizados según tipo de impacto y parámetro.\*

Escala del impacto	Identificados	Valorizados
<b>Locales</b>	↓Eventos de contaminación (SO <sub>2</sub> ) ↓Contaminación de suelos (SO <sub>2</sub> , As, Hg)	
<b>Regionales</b>	↓Mortalidad prematura (MP, As) ↓Morbilidad (MP, SO <sub>2</sub> , As, Hg) ↓Productividad perdida (MP, SO <sub>2</sub> ) ↓Actividad restringida (MP) ↑Visibilidad (MP, As) ↓Corrosión de materiales (SO <sub>2</sub> ) ↑Producción agrícola (MP, SO <sub>2</sub> ) ↑Efectos en Ecosistemas (SO <sub>2</sub> , Hg) ↑Imagen País (recomendaciones OCDE) ↓Depositación de contaminantes (MP, SO <sub>2</sub> , Hg)	Mortalidad prematura (MP, As) Morbilidad (MP) Productividad perdida (MP) Actividad restringida (MP)

\*↑Aumento, mejora en / ↓ Disminución en, con respecto a la línea base.

Fuente: Elaboración propia en base a (MMA 2012a)

El beneficio total de la normativa corresponde a la valorización de los casos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida para el MP<sub>2,5</sub>, y los casos evitados de mortalidad por cáncer al pulmón debido a disminución de emisiones de As. El indicador financiero corresponde al valor presente de los beneficios al año 2012, utilizando la tasa de descuento social de un 6% (MIDEPLAN 2011) y tomando los años 2012 a 2035 como el período de evaluación del proyecto.

<sup>6</sup> Partículas presentes en el aire con un diámetro igual o menor a 2.5 micrones.

$$VP \text{ Beneficio} = \sum_{i,j,k} \frac{Ben_{ijk}}{(1+r)^k} = \sum_{i,j,k} \frac{\Delta Casos_{ijk} \cdot VU_j}{(1+r)^k}$$

Donde:

$i$ : contaminante: MP<sub>2.5</sub>, As

$j$ : efecto o *endpoint* valorizado

$k$ : tiempo [año]

$VP \text{ Beneficio}$ : valor presente del beneficio de la norma

$Ben_{ijk}$ : beneficio anual de la reducción de la concentración ambiental de contaminantes [USD/año]

$\Delta Casos_{ijk}$ : reducción de casos anuales de los efectos valorizados [casos/año]

$VU_j$ : valoración unitaria por efecto valorizado [USD/caso]

$r$ : tasa de descuento social [%]

#### 4.1.1 Material particulado fino (MP<sub>2.5</sub>)

La formación de material particulado fino en la atmósfera puede generarse de dos formas: emisión directa de MP<sub>2.5</sub> por parte de diversas fuentes emisoras, o bien, producto de la reacción química de algunos compuestos gaseosos (precursores), los cuales bajo determinadas condiciones atmosféricas, generan partículas en suspensión. El primer grupo es denominado MP primario, mientras que el segundo, MP secundario, donde el SO<sub>2</sub> es uno de sus precursores.

La metodología consiste en cuantificar y posteriormente valorizar la reducción de los casos provocados por los contaminantes debido a una menor concentración de ellos en el aire. Para el primer punto, el diferencial de casos entre la situación actual y el escenario con norma, se calcula utilizando funciones dosis-respuesta reportadas en la literatura como se señala a continuación:

$$\Delta Casos_j^{MP} = \sum_i y_{0j} \cdot e^{(\beta_j \Delta C_i - 1)} \cdot P_{ij}$$

Donde:

$i$ : ubicación geográfica

$j$ : efecto o *endpoint* cuantificado

$y_{0j}$ : tasa de incidencia base [casos/hab-año]

$\beta_j$ : coeficiente de riesgo unitario de MP<sub>2.5</sub> [(ug/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>]

$\Delta C_i$ : cambio en concentración de MP<sub>2.5</sub> [ug/m<sup>3</sup>]

$P_{ij}$ : población expuesta [hab]

La expresión anterior es posible aproximarla a una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud<sup>7</sup>.

$$\Delta Casos_j^{MP} \approx \beta_j \cdot \Delta C_i \cdot P_{ij} \cdot y_{0j}$$

Se utiliza el valor del coeficiente de riesgo de muerte  $\beta$  de 0.0093 (ug/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> para la población adulta mayor a 30 años (Pope, Burnett et al. 2004) y se utilizó un Valor de la Vida Estadística<sup>8</sup> (VSL) igual a 390.500 USD/caso (Hojman, Ortúzar et al. 2005) proyectada 3% anual producto del aumento del poder adquisitivo<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> La aproximación resulta de la expansión de Series de Taylor de la función exponencial, eliminando las expresiones con un orden mayor o igual a 2 dado que el coeficiente de riesgo  $\beta$  es pequeño.

<sup>8</sup> Extrapolación del valor que la sociedad le atribuye a una reducción marginal de riesgo de muerte.

<sup>9</sup> Valor del dólar y de la UF de 517 CLP y 22.600 CLP respectivamente.

### 4.1.2 Arsénico (As)

Existe en la literatura significativa relación entre la exposición de arsénico y la formación de tumores cancerígenos, y en particular, un aumento en la probabilidad de padecer cáncer al pulmón. Según la Guía de la Calidad del Aire para Europa de la OMS (Danzon, Van Leeuwen et al. 2000), un aumento de  $1 \text{ ug/m}^3$  de As en el aire implica 15 casos adicionales de cáncer al pulmón cada 10000 habitantes. La reducción de eventos de cáncer al pulmón por una mejora en la calidad del aire de arsénico se calcula mediante una función de respuesta lineal como se señala a continuación:

$$\Delta \text{Casos}_k^{\text{As}} = \sum_i RR \cdot P_{ij} \cdot \Delta C_i$$

Donde:

$i$ : ubicación geográfica

$j$ : efecto cuantificado o *endpoint*

$k$ : tiempo [año]

$\Delta \text{Casos}_k^{\text{As}}$ : reducción de casos de cáncer pulmonar atribuibles a la reducción de concentración de arsénico [casos/año]

$RR$ : Riesgo relativo de padecer cáncer pulmonar por un aumento en la concentración ambiental de As [casos/ $\text{ug/m}^3$ -año]

$P_{ij}$ : población expuesta que puede padecer alguno de los efectos cuantificados [hab]

$\Delta C_j$ : reducción del promedio anual de la concentración de As en la comuna. [ $\text{ug/m}^3$ ]

Aproximadamente, el 90% de los enfermos que padecen cáncer pulmonar mueren al cabo de 5 años (WHO 2011), siendo éste el más letal de todos los cánceres. La valorización de los casos de mortalidad evitados finalmente se estima como el número esperado de muertes valorizados según la vida estadística.

$$\text{Ben}_k^{\text{As}} = \Delta \text{Casos}_k^{\text{As}} \cdot \text{Pr}(\text{muerte}) \cdot VU_M$$

Donde:

$\text{Ben}_k^{\text{As}}$ : beneficio anual por reducción de concentración de arsénico [casos/año]

$\text{Pr}(\text{muerte})$ : probabilidad de muerte en un paciente que padece cáncer pulmonar

$VU_M$ : valor de la vida estadística [USD/caso]

## 4.2 Costos

Los costos de la normativa lo incurren las propias fundiciones las cuales deberán implementar diferentes medidas de captura y tratamiento de contaminantes para cumplir los estándares de la norma de emisión. Se consideraron tres tipos de costos para el cumplimiento de la norma evaluada: costos por captura de contaminantes ( $\text{SO}_2$  y As), costos para el cumplimiento de límites de chimenea y finalmente costos por lucro cesante que corresponde a menores ingresos por días adicionales de detención de la fundición ocasionados por la implementación de las medidas de abatimiento. La metodología de costos consiste en la evaluación de diferentes soluciones de modo de resolver el siguiente problema de optimización<sup>10</sup>:

<sup>10</sup> Adicionalmente a las restricciones de la norma de emisión se considera la factibilidad de ingeniería en la implementación de medidas.

$$\text{Min}_x \text{Costos}_i = \sum_{i,j,k} C_{ijk} \cdot x_{ijk}$$

$$\text{s. a. (1) } E_i = \sum_{j,k} E0_{ij} (1 - \eta_{ijk})^{x_{ijk}} \leq NE_i, \quad \forall i$$

$$(2) ECh_{ij} = \sum_k ECh0_{ik} (1 - \eta_{ijk})^{x_{ijk}} \leq NCh_j, \quad \forall i, j$$

Donde:

$i$ : índice de la fundición

$j$ : índice del proceso unitario

$k$ : índice de medida de mitigación

$\text{Costos}_i$ : valor presente (VP) de costos totales [USD]

$C_{ijk}$ : VP costo de la medida de mitigación [USD].

$x_{ijk}$ : **variable de decisión** (0,1). Indica si se instala la medida  $k$  en el proceso  $j$  de la fundición  $i$ .

$E_i$ : emisión final [ton/año]

$E0_{ij}$ : emisión inicial [ton/año].

$\eta_{ijk}$ : eficiencia de reducción de emisiones por medida

$NE_i$ : norma de emisión global [ton/año]

$ECh_{ik}$ : emisión final chimenea [ton/año]

$ECh0_{ik}$ : emisión inicial chimenea [ton/año].

$NCh_j$ : norma de emisión de chimenea

En este análisis fueron considerados dos fuentes de información. En primer lugar, los resultados de (MMA 2012a), donde se calculan los costos de las medidas que tendrían que aplicar cada fundición para cumplir con la norma. Éstas fueron evaluadas considerando tanto en su configuración particular, como limitantes espaciales, de modo de estimar los costos de inversión, pre-inversión, operación, mantención, y adicionalmente, co-beneficios de la aplicación de las medidas de abatimiento como por ejemplo ahorro de insumos y aumento de producción de ácido sulfúrico<sup>11</sup>. Los costos de lucro cesante fueron proporcionados por el Ministerio de Minería.

En segundo lugar, se utilizan los costos de inversión declarados por el sector regulado, valor que fue complementado con los costos faltantes para generar el otro escenario de evaluación.

<sup>11</sup> Los valores de este estudio fueron ajustados por el MMA, incorporando el valor residual de inversiones y las medidas de chimenea para Potrerillos y Caletones.

### 4.3 Análisis de Incertidumbre

MMA (2011) recomienda incorporar la incertidumbre a las variables relevantes del modelo con el fin de proporcionar al tomador de decisión la mejor información disponible. En este contexto, se incorporó incertidumbre en tres variables relevantes del modelo.

En primer lugar, se asignó al valor de la vida estadística una distribución triangular con percentiles 5, 50 y 95 de 210, 390 y 700 MMUSD/caso respectivamente (Hojman, Ortúzar et al. 2005); para coeficiente de riesgo de muerte  $\beta$  se utiliza una distribución normal con parámetros  $(\mu, \sigma)=(0.0093, \pm 2.9 \cdot 10^{-3})$  (Pope, Burnett et al. 2004). Para los costos de las medidas se asume una distribución triangular uniforme, con moda igual al valor reportado, con un máximo y mínimo  $\pm 35\%$ . El análisis de incertidumbre fue realizado utilizando el *software* Analytica 4.4 mediante simulación de Montecarlo<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Método numérico de propagación de incertidumbre, el cual genera una muestra aleatoria de todas las variables inciertas del modelo respetando la distribución de probabilidad respectiva. Cada etapa del modelo es calculada para cada valor de la muestra y propagada en el modelo hasta los resultados finales.

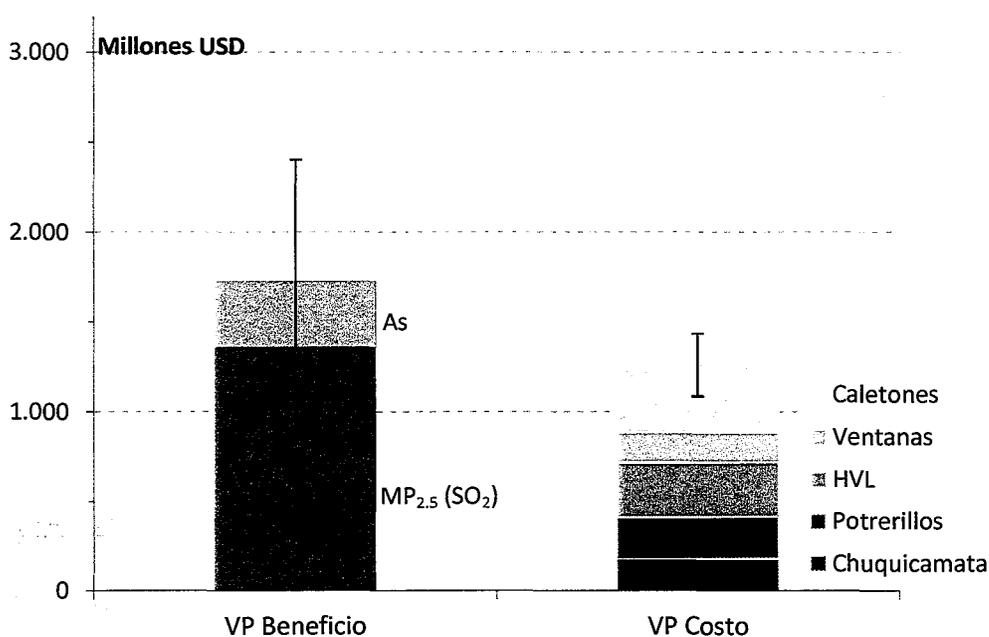
## 5. Resultados

En este capítulo se presentan los valores presentes de los beneficios y costos con la metodología explicitada en el capítulo anterior. Los resultados representan un escenario conservador y fueron calculados utilizando los costos de inversión estimados por el sector regulado. Sin embargo, ante el desconocimiento del valor real, se analiza este resultado con ambas fuentes de información.

### 5.1 Beneficios y costos

En primer lugar se muestran los beneficios y costos de la norma (Figura 5-1). La reducción de emisiones se valorizan en 1750 (1050–2380) MMUSD como beneficios de la normativa, 1270 (1200–1320) MMUSD como costos, por lo que los beneficios netos de la norma son de 480 (-150–1060) MMUSD y una razón beneficio-costos de 1.4x para la mediana. Importante mencionar que considerando los costos de inversión determinados en (MMA 2012a), los beneficios netos de la norma ascenderían en un 10%, es decir, a 530 MMUSD. Se aprecia una alta incertidumbre en el cálculo de los beneficios, específicamente en la valoración de eventos de mortalidad.

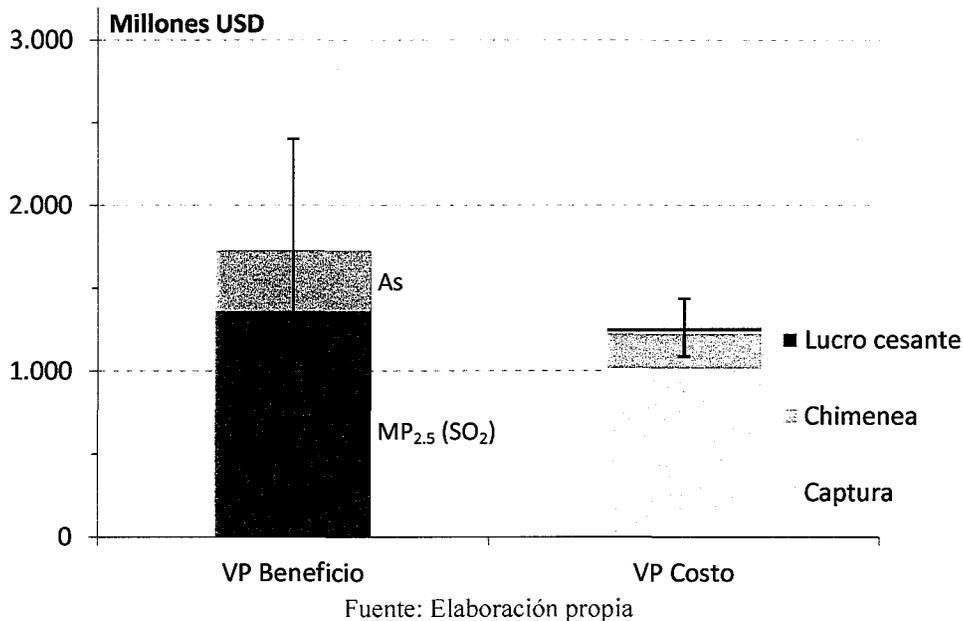
Figura 5-1. Valor presente de beneficios y costos por fundición (MMUSD, IC95%).



Fuente: Elaboración propia

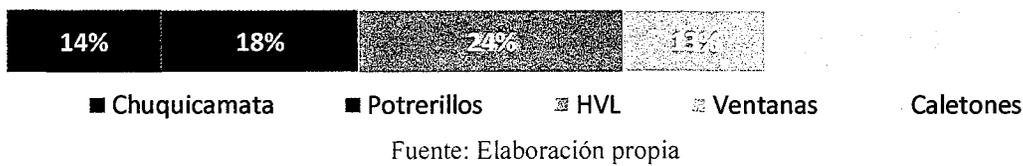
Adicionalmente se analizó los costos de la norma desagregados según la normativa que los genera, es decir, si corresponden a los límites de captura, chimenea, o bien, lucro cesante. En la Figura 5-2, los costos de chimenea corresponden al 17% de los costos de la normativa, mientras que los de lucro cesante menores al 3%.

Figura 5-2. Valor presente de beneficios y costos por tipo de medida (MMUSD, IC95%).



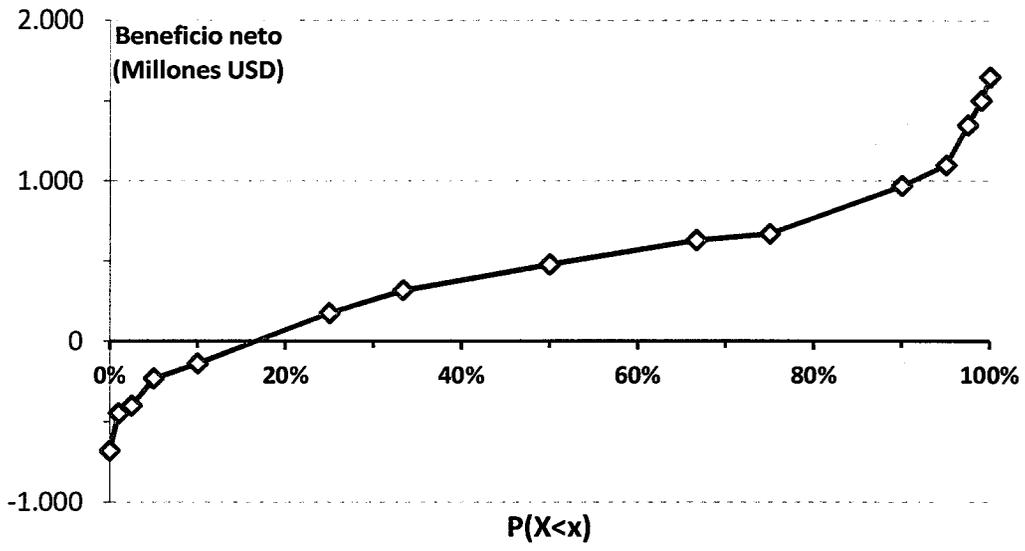
Caletones y Potrerillos en conjunto aportan más del 50% de los costos totales de la norma, siendo consistente con la reducción de emisiones mencionada en el capítulo anterior. Chuquicamata, Potrerillos y Ventanas fluctúan entre el 13% y 18%, mientras Chagres y Altonorte, como fue mencionado, no incurren en costos en la presente normativa por tener exigencias mayores en los planes de descontaminación.

Figura 5-3. Distribución de costos por fundición (MMUSD).



La Figura 5-4 muestra la incertidumbre en la estimación de beneficio neto. En ella se aprecia que los beneficios son estadísticamente menores que los costos con un 80% de confianza. Como ya fue mencionado, la gran variabilidad de los resultados (existe una diferencia de 1210 MMUSD entre el p95 y p5) se debe a la incertidumbre conjunta en los parámetros utilizados para el cálculo de beneficios, específicamente en el coeficiente de riesgo de muerte  $\beta$  y en el valor de la vida estadística. La razón beneficio-costo en el intervalo de confianza al 95% es de 0.9 y 1.8 veces para los percentiles 5 y 95 respectivamente.

Figura 5-4. Análisis de incertidumbre del beneficio neto de la normativa (MMUSD).



Fuente: Elaboración propia

## 6. Conclusiones

La norma de emisiones para las fundiciones tiene por objetivo disminuir el impacto ambiental y social que actualmente es ocasionado por las empresas de este rubro, a las cuales se les exige incorporar en su proceso productivo mayores y mejores medidas de mitigación de emisiones. Éstas están enfocadas en la reducción de dióxido de azufre y arsénico, contaminantes relacionados con el aumento del riesgo de enfermedades, e incluso de mortalidad. La norma abarca dos dimensiones: límites de captura de la fundición y límites de chimenea, ambos con el objetivo de disminuir el impacto local y regional de las emisiones.

En el documento se analizaron los beneficios en salud de reducir las emisiones en los niveles señalado en el anteproyecto, y por otro lado, los costos asociados a la implementación de las medidas de mitigación que deben realizar las fundiciones. Se concluye a partir de los resultados del análisis, que existe 480 MMUSD de beneficio neto (percentil 50, año 2012) y una razón beneficio-costos de 1.4x. Se analiza además la incertidumbre de los parámetros utilizados y sus efectos en los resultados finales, concluyendo que existe una probabilidad de 80% que los beneficios netos de la normativa sean positivos.

Se realizó un análisis distributivo en beneficios y costos. En primer lugar, tanto los beneficios producto de la disminución de SO<sub>2</sub> y As son relevantes a la hora de valorizarlos, con participaciones de un 70% y 30% del total respectivamente. Los principales costos de la normativa son producto de los límites de captura (80%), y en menor medida, a los límites de chimenea (17%) y lucro cesante (3%). Las diferentes configuraciones y abatimiento base hacen que los costos difieran entre las fundiciones normadas, destacando entre ellas a Caletones y Potrerillos con valores de 380 MMUSD (30%) y 230 MMUSD (24%) respectivamente.

Queda en manifiesto que muchos beneficios identificados no fueron posibles de valorizar por limitantes metodológicas y/o falta de información. La norma, adicionalmente a los beneficios valorizados, tiene incidencia en disminución de los episodios de contaminación por SO<sub>2</sub>, mejora en la calidad de los suelos, mejora en la imagen país, cumplimiento de las recomendaciones de la OCDE, entre otros.

Tomando en cuenta lo anterior, es importante recalcar que los resultados del ACB son tan solo un antecedente más para la toma de decisiones y es por ello que la implementación de la política pública debe considerar todos los antecedentes disponibles de manera de evitar que la efectividad económica sea el único criterio considerado en la decisión final (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996).

## 7. Referencias

- Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" Science **272**(5259): 221-222.
- Artaxo, P., Oyola, P. y Martínez, R. (1999). "Aerosol composition and source apportionment in Santiago de Chile." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B **150**: 409-416.
- Danzon, M. A., R. Van Leeuwen, et al. (2000). Air quality guidelines for Europe, World Health Organization, Regional Office for Europe.
- EPA (2010). Guidelines for preparing economic analyses, National Center for Environmental Economics, Office of Policy, U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA, U. (2000). Guidelines for preparing economic analyses, EPA 240-R-00-003.. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.
- Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."
- Hedberg, E., L. Gidhagen, et al. (2005). "Source contributions to PM10 and arsenic concentrations in Central Chile using positive matrix factorization." Atmospheric Environment **39**(3): 549-561.
- Hojman, P., J. d. D. Ortúzar, et al. (2005). "On the joint valuation of averting fatal victims and severe injuries in highway accidents." Journal of Safety Research **36**: 377-386.
- Kavouras, I. G., K. P., et al. (2001). "Source apportionment of PM10 and PM2.5 in five Chilean cities using factor analysis." Journal of the Air and Waste Management Association **51**: 451-464.
- MIDEPLAN (2011). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos, División de Planificación. Santiago, Chile.
- MMA (2011). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Santiago, Elaborado por DICTUC.
- MMA (2012a). Evaluación de beneficios de una norma de emisión para fundiciones de cobre, Elaborado por Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa, División Políticas y Regulación Ambiental. **Informe Final**.
- MMA (2012b). Evaluación de costos de escenarios regulatorios para una norma de emisión de fundiciones de cobre., Elaborado por COPRIM Ingeniería S.A. **Informe Final**.

MMA (2012c). Norma de emisión del anteproyecto norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico.

Pope, C. A., 3rd, R. T. Burnett, et al. (2004). "Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease." *Circulation* **109**(1): 71-77.

WHO (2011). "International Agency for Research on Cancer, GLOBOCAN 2008." from <http://globocan.iarc.fr/>.

**APRUEBA ANTEPROYECTO DE NORMA DE EMISIÓN PARA FUNDICIONES DE COBRE Y FUENTES EMISORAS DE ARSÉNICO**

Resolución Exenta N° 0536

Santiago, 25 JUN. 2012

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N°93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; en el acuerdo del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que aprobó el Programa Estratégico de Normas 2007-2009, y que fuera oficializado mediante Resolución Exenta N° 285, de 24 de marzo de 2010, del Director Ejecutivo de CONAMA; en la Resolución Exenta N° 300, de 7 de marzo de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 15 de marzo del mismo año, que dio inicio a la elaboración de la norma; en la Resolución Exenta N°528, de 4 de mayo de 2011, que da inicio a la revisión de la norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire (Decreto N°165, de 1999, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia); en las Resoluciones Exentas N°1260, de 21 de octubre de 2011, y N°344, de 30 de abril de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que amplían el plazo para la preparación del anteproyecto; en la Resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón; y

**CONSIDERANDO:**

Que el Reglamento que fija el procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, Decreto Supremo N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, dispone en su artículo 17 que elaborado el anteproyecto de norma, se dictará la resolución que lo apruebe y lo someta a consulta;

**RESUELVO:**

1.- **Apruébase** el siguiente anteproyecto de la norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico:

**I. FUNDAMENTOS**

La Constitución Política de la República reconoce en el artículo 19 N° 1 el derecho a la vida y la integridad física de las personas, y en su artículo 19 N° 8, el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. En este sentido y de acuerdo con lo preceptuado en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, es función del Estado dictar normas de emisión con el propósito de prevenir el riesgo sobre la salud de las personas, la calidad de vida y el medio ambiente.

La presente norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico tiene por objetivo proteger la salud de las personas y el medio ambiente en todo el territorio nacional. Como resultado de su aplicación se reducirán las emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), arsénico (As) y mercurio (Hg). Para tales contaminantes, existe suficiente evidencia que comprueba los efectos adversos crónicos y agudos sobre la salud de las personas y sobre el medio ambiente.

La presente norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico se fundamenta en el principio de eficiencia, el cual consiste en evaluar las medidas que deben abordar las fuentes reguladas para reducir sus niveles de contaminación, al menor costo social posible, privilegiando la mejor asignación de los recursos.

Como antecedente se sabe que desde el año 2003, las fuentes emisoras existentes cumplen con los límites de emisión anual de SO<sub>2</sub> y de MP, que se exigen en los Planes de Descontaminación de: Chuquicamata, Hernán Videla Lira, Potrerillos, Ventanas y Caletones y con los límites contemplados en la norma de emisión de arsénico.

La Evaluación del Desempeño Ambiental realizada por la OCDE el año 2005 a Chile, indica respecto a la fuente que se regula: *"las actividades de fundición todavía son causantes del grueso de las emisiones y deben reducir aún más"*, recomendando a Chile *"avanzar en el desarrollo de normas de emisión nacional, que incluyan la regulación de contaminantes tóxicos en el aire y que reduzcan aún más el impacto de la contaminación por SO<sub>2</sub> y arsénico"*.

Para elaborar el anteproyecto se consideraron criterios técnicos, económicos y sociales, entre los que destacan: un completo diagnóstico de la condición tecnológica asociada a cada fundición existente; la evolución de la emisión de contaminantes a la atmósfera de las fuentes; la toxicidad y efectos de los contaminantes; la eficiencia y eficacia de los instrumentos ambientales vigentes que les son aplicables a las fuentes en materia de emisiones al aire; la disponibilidad de tecnologías de control y su potencial de reducción de emisiones; la tendencia y enfoque de la regulación internacional.

Las fundiciones y fuentes emisoras de arsénico se caracterizan por generar emisiones al aire, tanto en forma fugitiva como por chimeneas. Las emisiones se caracterizan por contener SO<sub>2</sub>, MP y trazas de sustancias tóxicas, tales como: As, Hg, Pb y Ni, entre otros. Tales elementos forman parte natural de la composición química de los concentrados o de los minerales, que al ser sometidos a procesos térmicos de fusión y conversión y al ser liberados a la atmósfera, como gases y partículas en fases líquida y gaseosa, aumentan su nivel de agresividad y toxicidad.

Dependiendo de las características químicas de la sustancia emitida y de su tiempo de vida en la atmósfera, los contaminantes se transportan a escala local, regional o meso escala. De esta forma, los impactos y los efectos no deseados sobre distintos receptores se pueden producir a diferentes distancias desde la fuente emisora y con distintos niveles de daño o toxicidad.

Otro antecedente considerado se relaciona con la percepción negativa de la ciudadanía respecto a las fundiciones de cobre, la cual se agudiza en zonas donde la fuente es cercana a centros poblados y donde se han evidenciado eventos de corta duración de nubes tóxicas, como en Puchuncaví, Ventanas, La Greda, Tierra Amarilla, entre otros.

Con la norma de emisión se reducen las emisiones al aire de sustancias tóxicas y emisiones directas de MP y de SO<sub>2</sub>. Este último contaminante es a su vez uno de los principales precursores en la formación de material particulado fino (MP2.5).

#### **De la fuente emisora que se regula**

Para el Ministerio del Medio Ambiente es prioritario reducir las emisiones de SO<sub>2</sub>, As y Hg, que tienen su origen principalmente en la fuente que se regula. Para tener una idea de la magnitud del aporte de SO<sub>2</sub> de las fundiciones, considérese que el total de las emisiones de este contaminante de las fundiciones existentes equivale a casi cuatro veces lo que emite todo el parque de termoeléctricas a nivel nacional (estimación al año 2008).

La norma de emisión comprende la aplicación de límites de emisión para el establecimiento y para operaciones unitarias relevantes, tal como recomiendan oficinas internacionales de medio ambiente u organismos como el Banco Mundial.

Los límites de emisión para el establecimiento tienen por objeto controlar las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> y de As, las cuales se constatan del límite del sistema, por balances de masa y expresados en toneladas emitidas durante un año calendario.

Los límites de emisión en chimenea, que se expresan en masa por unidad de volumen, se aplican a procesos unitarios que comprenden: (i) secadores de concentrado, (ii) hornos de limpieza de escoria, y (iii) plantas de ácido, operaciones donde se comprueba un aporte significativo de MP, SO<sub>2</sub>, As y Hg. La importancia de estos límites radica en que su control en emisión en chimenea reduce la probabilidad de eventos de corta duración, producto de inadecuadas prácticas operacionales o fallas en los sistemas de control.

Por su parte, el control de las emisiones fugitivas es de gran importancia ya que los procesos de fusión y conversión, cuando corresponden a procesos abiertos y discontinuos como es el caso general, emiten la mayor proporción de contaminantes. Por tal razón, con la aplicación de la norma se espera optimizar la captura de gases fugitivos, mejorando la calidad del aire del entorno.

Para el año 2010, la emisión total de SO<sub>2</sub> fue de 392.798 toneladas. La fundición Caletones registró el mayor aporte con 128.468 toneladas, donde el 55% de sus emisiones corresponde a emisiones fugitivas, el 27% a emisiones del horno de limpieza de escoria y del horno de refinó y un 18% a emisiones de las plantas de ácido. La fundición Chuquicamata emitió 108.214 toneladas, las cuales se distribuyen en un 47% emisiones fugitivas, 34% emisiones del horno de limpieza de escoria y del horno de refinó y un 19% emisiones de las plantas de ácido. La fundición Potrerillos emitió 65.280 toneladas, donde 61% corresponde a emisiones fugitivas, 15% emisiones del horno de limpieza y del horno de refinó y un 24% a emisiones de la planta de ácido. Altonorte emitió 39.958 toneladas, donde un 41% de las emisiones corresponde a emisiones fugitivas, un 22% proceden del secador - el cual demostró problemas de diseño -, 16% emisiones del horno de limpieza y del horno de refinó y un 21% emisiones de las plantas de ácido. La fundición Hernán Videla Lira (HVL) emitió 21.344 toneladas, con un 48% correspondiente a emisiones fugitivas y un 41% proveniente de las chimeneas de las plantas de ácido. Ventanas emitió 15.590 toneladas, de las cuales el 70% corresponde a emisiones fugitivas, 11% a emisiones por chimenea del horno de limpieza de escoria y del horno de refinó y un 10% a emisiones por chimenea de la planta de ácido. Chagres emitió 13.944 toneladas, donde el 72% corresponde a emisiones fugitivas, 11% a emisiones del horno de limpieza de escoria y del horno de refinó y un 10% a emisiones por chimenea de la planta de ácido.

La emisión total de As para el año 2011 fue de 1.572 toneladas. Esta se produce principalmente como emisión fugitiva desde la fusión y conversión, alcanzando hasta un 40% de las emisiones totales de la fuente; otro 50% es emitido desde las chimeneas del horno de limpieza de escoria y un 10% de las chimeneas del horno de refinó.

La participación en las emisiones de As de cada fundición para el año 2011 fue la siguiente: Potrerillos registró un aporte de 38%, equivalente a 600 toneladas de As; Caletones un 16%, equivalente a 250 toneladas de As; Ventanas un 5,7% equivalente a 90 toneladas de As; Altonorte un 6,2%, equivalente a 97 toneladas de As; Chuquicamata un 33% equivalente a 520 toneladas de As; Hernán Videla Lira un 0,7%, equivalente a 12 toneladas de As y Chagres 0,3%, equivalente a 3 toneladas de As.

Un análisis de los niveles de arsénico en la calidad del aire en centros poblados cercanos a las fundiciones evidencia los altos valores que se registran. Por ejemplo, para el año 2010, el monitoreo en la ciudad de Calama reveló valores entre 30 a 70 ng/m<sup>3</sup> como promedio anual; de 10 a 20 ng/m<sup>3</sup> en la ciudad de Antofagasta; de 10 a 18 ng/m<sup>3</sup> en Tierra Amarilla y Copiapó; de 35 y 90 ng/m<sup>3</sup> en la zona de Ventanas y La Greda; y del orden de menos de 10 ng/m<sup>3</sup> como promedio anual en Catemu. Las concentraciones registradas en la calidad del aire exceden estándares de referencia internacional que varían entre 6 y 10 ng/m<sup>3</sup>, como promedios anuales.

**De los criterios de elaboración del anteproyecto de la norma de emisión para fundiciones**

Para la elaboración de este anteproyecto se consideró la evaluación de los escenarios de control simulados respecto de la situación sin norma. Para cada escenario evaluado se estimó el potencial de reducción de emisión de cada fundición así como los costos asociados, simulándose los efectos de la reducción de las emisiones en la calidad del aire.

Se evaluaron tres escenarios de captura y fijación de  $\text{SO}_2$  - 95%, 96% y 97% - seleccionándose el escenario de 95%, por presentar la mayor eficiencia y costo efectividad en las reducciones logradas. Con este escenario se calcularon los límites de emisión de  $\text{SO}_2$  para cada fundición existente, respecto a la capacidad nominal declarada el año 2010 y los contenidos proyectados de azufre (S) en el concentrado. Idéntico criterio se utilizó respecto de los límites de emisión de As. Estos criterios se aplicaron para las fundiciones Hernán Videla Lira, Ventanas, Chagres, Potrerillos, Caletones y Chuquicamata.

En el caso de las fundiciones Chagres y Altonorte, que fueron sometidas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, se constató que ambas cuentan con exigencias ambientales que limitan sus emisiones de  $\text{SO}_2$  a niveles menores que los resultantes de aplicar el criterio descrito en el párrafo anterior. Para el caso del As, el límite de emisión para Chagres se establece utilizando el criterio de 95% de captura y fijación antes descrito. Para Altonorte, se fija de acuerdo a exigencias ambientales ya existentes, contenidas en su resolución de calificación ambiental. De esta forma, por aplicación del principio de eficiencia se ha optado por mantener aquellos límites de emisión menores los cuales no implican, producto de la implementación de la norma, costos incrementales para estas fundiciones.

Con respecto a los límites de emisión en chimenea, se consideró lo siguiente:

- Límite de emisión de MP en las chimeneas de los secadores. Se constata que todas las fundiciones declaran contar con un equipo de control secundario para recuperar el material y reducir las emisiones. Sin embargo, la emisión de MP varía en un amplio rango de 142 a 674  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , lo que equivale a emisiones de 80 a 300 ton/año. Estos valores están muy por encima de lo que es posible alcanzar con un equipo de control.
- Límite de emisión de  $\text{SO}_2$  en las chimeneas de las plantas de ácido. Los antecedentes disponibles en las fundiciones existentes, indican que la emisión de  $\text{SO}_2$  varía en un amplio rango desde 1.500 a 13.000  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , lo que equivale a emisiones de 1.500 a 18.500 ton/año.

Con las mejores técnicas disponibles, sin tratar los gases de cola de las plantas de ácido, se logran emisiones de  $\text{SO}_2$  en el orden de 100 a 1.100  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . En razón de los criterios ya mencionados, se estima pertinente regular a las fuentes existentes con un límite de emisión de 2.080  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , equivalente a 800 ppm de  $\text{SO}_2$ , y a las fuentes nuevas con un valor de 520  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , equivalente a 200 ppm de  $\text{SO}_2$ .

- Límite de emisión de Hg en las plantas de ácido. Se ha estimado suficiente exigirle a las fuentes existentes la medición e información de los niveles de Hg, dado que se espera como beneficio que las emisiones de esta sustancia tóxica se reduzcan producto de las mejoras aplicadas. Para las fuentes nuevas se ha considerado para fijar el parámetro las mejores técnicas disponibles.
- Límite de emisión de As en las chimeneas de los hornos de limpieza de escoria. Se establece un valor de 1  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  para la emisión de As de las fuentes existentes. Para las fuentes nuevas se ha considerado para fijar el parámetro las mejores técnicas disponibles.

Los plazos de cumplimiento dispuestos en la presente norma, atendido el principio de gradualidad, se han establecido en consideración a la factibilidad técnica y al tipo de adecuaciones que se requiere implementar en cada una de las fuentes existentes. Por otra parte, además del cumplimiento de los límites de emisión, se establecen medidas operacionales y mecanismos de seguimiento a las emisiones que pueden ser implementados en forma inmediata una vez publicada la norma.

Durante el periodo de transición, que comprende desde la entrada en vigencia de la presente norma hasta el plazo que se establece para el cumplimiento de las metas de emisión, se ha considerado apropiado congelar las emisiones de las fuentes emisoras existentes.

## Título I: Objetivo, aplicación territorial y definiciones

**Artículo 1º.- Objetivo:** La presente norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico, tiene por objeto proteger la salud de las personas y el medio ambiente en todo el territorio nacional. Como resultado de su aplicación se reducirán las emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), arsénico (As) y mercurio (Hg).

**Artículo 2º.- Definiciones:** Para los efectos de lo dispuesto en este anteproyecto, se entenderá por:

- a) **Fuente emisora:** corresponde a toda fundición de cobre o cualquier otra fuente emisora de arsénico donde se realiza un tratamiento térmico cuyo contenido de arsénico en la alimentación sea superior a 0,005% en peso.
- b) **Fuente emisora existente:** comprende a las fundiciones Hernán Videla Lira, Ventanas, Chagres, Potrerillos, Altonorte, Caletones y Chuquicamata; y a la Planta de Tostación Ministro Hales.
- c) **Fuente emisora nueva:** fuente emisora cuya Resolución de Calificación Ambiental fue otorgada después de la fecha de publicación en el Diario Oficial de la presente norma.
- d) **Límite del sistema:** límite de la fuente emisora que determina los flujos de entrada y salida de un conjunto de operaciones consideradas en el balance de masa de As y de azufre. El límite del sistema para definir las corrientes de entrada se ubicará inmediatamente antes de los equipos de tostación, si existieran, o antes de los equipos de secado de material o, si éstos no existieran, de los equipos de fusión. Se excluye del límite del sistema la recepción y acopio del concentrado.

## Título II: Límites máximos de emisión al aire y plazos para el cumplimiento

**Artículo 3º.- Límites de emisión anual para fuentes existentes:** Las fuentes emisoras existentes, transcurridos 5 años contados desde la fecha de publicación de esta norma, no podrán exceder los siguientes límites máximos de emisión para SO<sub>2</sub> y As, por año calendario:

Tabla 1: Límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> y As para fuentes existentes

Fundición	SO <sub>2</sub> (ton/año)	As (ton/año)
Hernán Videla Lira	12.880	17
Ventanas	14.650	48
Chagres	13.950	35
Potreriillos	24.400	157
Altonorte	24.000	126
Caletones	47.680	130
Chuquicamata	49.700	476
Planta de Tostación Ministro Hales	548	1

Para ambos contaminantes, las fuentes existentes deberán cumplir con un 95% de captura y fijación de sus emisiones.

Los valores fijados en esta tabla se entenderán sin perjuicio de los límites establecidos en las respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental y en los Planes de Prevención o Descontaminación, cuando corresponda.

**Artículo 4º.- Límites de emisión en chimenea para fuentes existentes:** Las fuentes emisoras existentes no podrán exceder los límites de emisión en las chimeneas de los siguientes procesos unitarios:

- a) Las plantas de ácido deben emitir una cantidad inferior o igual a  $2.080 \text{ mg/Nm}^3$ , equivalente a 800 ppm (partes por millón en volumen) de  $\text{SO}_2$ .

El valor medido en chimenea de  $\text{SO}_2$  debe ser inferior o igual al valor límite de emisión para cada hora de operación de la planta de ácido. Se considera como periodo de operación de la planta de ácido aquel que incluye todas las horas de operación, excluyendo las horas de encendido y parada; estas últimas no deben exceder el 5% del total de las horas de operación en un año calendario.

- b) Las plantas de ácido deben emitir una cantidad inferior o igual a  $1 \text{ mg/Nm}^3$  de As.

El valor límite de emisión de As se evaluará mensualmente para cada año calendario. Para ello, se deberán realizar 12 mediciones para constatar el cumplimiento de este límite en cada chimenea del proceso unitario indicado.

- c) Los secadores y los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual a  $50 \text{ mg/Nm}^3$  de MP.

El valor límite de emisión de MP se evaluará mensualmente durante un año calendario. Para ello, se deberán realizar 12 mediciones para constatar el cumplimiento de este límite en cada una de las chimeneas de los procesos unitarios indicados.

- d) Los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual a  $1 \text{ mg/Nm}^3$  de As.

El valor límite de emisión de As se evaluará mensualmente, para cada año calendario. Para ello, se deberán realizar 12 mediciones para constatar el cumplimiento de este límite, en cada chimenea del proceso unitario indicado.

Las fuentes emisoras existentes deben cumplir con los límites de emisión en chimenea en los plazos que a continuación se indican:

- a. 5 años a contar de la publicación de la norma en el Diario Oficial para las fundiciones que actualmente no cuentan con plantas de ácido de doble contacto.
- b. 2 años y medio a contar de la publicación de la norma en el Diario Oficial para las fundiciones que actualmente cuentan con plantas de ácido de doble contacto.

**Artículo 5º.- Límites de emisión para fuentes nuevas:** Las fuentes emisoras nuevas deben cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Cumplir con los límites de emisión durante cada año calendario:
  - i. Emitir una cantidad inferior o igual al 2% en peso del azufre ingresado a la fuente emisora.
  - ii. Emitir una cantidad inferior o igual al 0,024% en peso del As ingresado a la fuente emisora.
- b) Cumplir con los límites de emisión en chimenea:
  - i. Las plantas de ácido solo pueden emitir una cantidad inferior o igual a  $520 \text{ mg/Nm}^3$  de  $\text{SO}_2$ , equivalente a 200 ppm; una cantidad inferior o igual a  $1 \text{ mg/Nm}^3$  de As y una cantidad inferior o igual a  $0,1 \text{ mg/Nm}^3$  de Hg.

El valor medido en chimenea de  $\text{SO}_2$  debe ser inferior o igual al valor límite de emisión para cada hora de operación de la planta de ácido. Se considera como periodo de operación de la planta de ácido aquel que incluye todas las horas de operación, excluyendo las horas de encendido y parada; estas últimas no deben exceder el 5% del total de las horas de operación en un año calendario.

El valor límite de emisión de As y Hg se evaluará mensualmente durante cada año calendario. Se deberán realizar 12 mediciones para constatar el cumplimiento de este límite en cada chimenea del proceso unitario indicado.

- ii. Los secadores y los hornos de limpieza de escoria solo pueden emitir una cantidad inferior o igual a 30 mg/Nm<sup>3</sup> de MP.

El valor límite de emisión de MP se evaluará mensualmente durante cada año calendario. Se deberán realizar 12 mediciones para constatar su cumplimiento, en cada una de las chimeneas de los procesos unitarios indicados.

- iii. Los hornos de limpieza de escoria solo pueden emitir una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As.

El valor límite de emisión de As se evaluará mensualmente durante cada año calendario. Se deberán realizar 12 mediciones para constatar su cumplimiento, en cada una de las chimeneas del proceso unitario indicado.

Las fuentes emisoras nuevas deben cumplir con lo anterior desde su entrada en operación.

**Artículo 6°.- Compensación o cesión de emisiones:** Las fuentes emisoras existentes que reduzcan emisiones para cumplir con los límites establecidos en la presente norma, sólo podrán compensar o ceder emisiones si acreditan una reducción adicional, permanente y verificable a lo requerido para el cumplimiento de la norma.

### **Título III: Fiscalización y metodologías para verificar el cumplimiento**

**Artículo 7°.- Control y fiscalización:** Corresponderá el control y fiscalización del cumplimiento del presente decreto a la Superintendencia del Medio Ambiente, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 2° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, contenida en el artículo segundo de la ley N° 20.417.

**Artículo 8°.- Verificación del límite de emisión anual:** Para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> y de As, las fuentes emisoras nuevas y existentes deben implementar balances de masa dentro del límite del sistema, durante un año calendario.

a) Sobre el balance de masa:

- i. Para el cálculo del balance de masa de un año calendario, se debe sumar los balances mensuales de azufre y As. Donde una tonelada de azufre es equivalente a dos toneladas de SO<sub>2</sub>.
- ii. El balance mensual se obtiene como la diferencia entre las cantidades netas de As y de azufre que ingresan a la fuente emisora y las cantidades netas de As y de azufre presente en todos los flujos de salida, menos la cantidad neta de As acumulado mensualmente.
- iii. Se debe restar en el balance anual, la cantidad total de As recuperado de operaciones de mantenimiento, reemplazo parcial o total de equipos o suspensión temporal o permanente de uno o varios equipos, durante el transcurso del año.
- iv. Se debe informar un registro de las horas que acrediten la operación mensual de la fundición y de cada proceso regulado con límites de emisión en chimenea.

b) Sobre los flujos de entrada:

Los flujos de entrada comprenden a los sólidos o líquidos o mezcla de ambos, tales como:

- i. Concentrado.
- ii. Contenido de As y azufre promedio en el concentrado.

- iii. Otro flujo si corresponden de azufre y As, contenido en calcinas, scrap, material fundente, entre otros.

c) Sobre los flujos de salida:

Los flujos de salida a informar mensualmente comprenden a los sólidos o líquidos o mezcla de ambos, tales como:

- i. Ácido sulfúrico.
- ii. Polvos captados no recirculados, producto de la operación de equipos de control.
- iii. Efluentes de lavado de los gases, producto de la limpieza de los gases.
- iv. Escorias de descarte, producto de la limpieza de escoria.
- v. Productos de cobre: ánodo, raf u otro refinado.
- vi. El arsénico recuperado en operaciones de mantención, reemplazo parcial o total de equipos o suspensión temporal o permanente de uno o varios equipos.

Sin perjuicio de lo anterior, se debe considerar lo indicado en el Título III, Metodologías de medición y control de la norma, Párrafos del 1 al 5, artículos del 15 al 29, del Decreto Supremo N° 165 de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece la Norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire.

**Artículo 9°.- Auditoría externa:** Las fuentes emisoras nuevas y existentes deben realizar una auditoría con un tercero externo, que revise y verifique la aplicación de la metodología usada en los balances de masa.

- i. La auditoría se debe realizar anualmente, por un tercero autorizado por la Superintendencia del Medio Ambiente.
- ii. Se debe informar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la Seremi del Medio Ambiente sobre el inicio de la auditoría.
- iii. Una vez finalizada la auditoría, el informe se debe enviar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la Seremi del Medio Ambiente, en un plazo no mayor a 10 días hábiles.

**Artículo 10.- Metodologías de medición en chimenea:** Las fuentes emisoras nuevas y existentes deben implementar las siguientes metodologías para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión en chimenea:

- a) Para SO<sub>2</sub> en las plantas de ácido, se debe implementar un sistema de monitoreo continuo, 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).

Los datos que se obtengan del monitoreo continuo, deberán estar en línea con los sistemas de información de la Superintendencia del Medio Ambiente y con la Seremi del Medio Ambiente que corresponda.

- b) Para As y Hg, en las plantas de ácido, en los hornos de limpieza de escoria según corresponda, se debe utilizar el método CH-29 denominado "Determinación de emisión de metales desde fuentes fijas", aprobado por el Ministerio de Salud.
- c) Para MP, en los secadores y en los hornos de limpieza de escoria, se debe utilizar el método CH-5 denominado "Determinación de las emisiones de partículas desde fuentes estacionarias", del Ministerio de Salud.

Las mediciones deben ser realizadas por laboratorios autorizados de acuerdo a la normativa vigente, sin perjuicio de lo que establezca la Superintendencia del Medio Ambiente. De la

misma forma, la Superintendencia podrá requerir que se informe en otros periodos y frecuencias sobre los mismos u otros contaminantes o parámetros de interés.

**Artículo 11.- Informes:** Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 10, letra a) del presente decreto, los titulares de las fuentes emisoras deberán presentar informes mensuales que den cuenta sobre el cumplimiento de la presente norma y un informe anual que consolide la información del año calendario. Los informes se presentarán a la Superintendencia del Medio Ambiente.

El informe debe incluir a lo menos la siguiente información:

- a) Resultados de los balances de masa mensual y del balance de masa anual cuando corresponda.
- b) Resultados de la medición en chimenea para cada contaminante en cada proceso regulado.
- c) Información de las chimeneas: Número de chimeneas por tipo de proceso regulado, localización geográfica (en coordenadas UTM, elipsoide wgs84), diámetro y altura, caudal ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), temperatura (Celsius), presión (atm) y velocidad de los gases de salida.
- d) El cálculo de indicadores de desempeño ambiental:
  - kilogramos de  $\text{SO}_2$  por tonelada de cobre fino (kg/ton de Cu Fino)
  - gramos de As por tonelada de cobre fino (g/ton de Cu fino).
- e) La eficiencia de remoción de todos los equipos de control de emisión de MP,  $\text{SO}_2$ .
- f) Porcentajes de captura y fijación de  $\text{SO}_2$  y As.
- g) Periodos de mantención programada de las plantas de ácido, los hornos de fusión, los hornos de conversión, secadores y hornos de limpieza de escoria.
- h) Las fuentes existentes deben informar sobre el nivel de Hg, medido en las chimeneas de las plantas de ácido.

Los informes mensuales y el informe anual deberán ser presentados en medio electrónico dentro de los veintidós días del mes siguiente al periodo que se informa, utilizando el formato que establezca la Superintendencia del Medio Ambiente.

#### **Título IV: Sobre las prácticas operacionales para el control de emisiones**

**Artículo 12.- Prácticas operacionales:** Con el fin de minimizar las emisiones al aire, las fuentes emisoras deben implementar lo siguiente:

- a) Se debe informar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la Seremi del Medio Ambiente, sobre el encendido o detención programada de la planta de ácido y del horno de fusión, así como también, la duración del periodo de mantención. Esta información se debe entregar a lo menos con 1 mes de anticipación.
- b) El Plan de operación y mantención de los sistemas de captura debe incluir:
  - i. Mantención preventiva: un cronograma consistente con las instrucciones del proveedor de los equipos y según los procedimientos especificados en el plan de mantención.
  - ii. Inspección mensual: observaciones de la apariencia física de los equipos y verificación del funcionamiento de los componentes de los mismos.
  - iii. Acción correctiva: Las fallas que se relacionen con fugas o emisiones al aire deben ser informadas inmediatamente a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la Seremi del Medio Ambiente.

- iv. Entre las acciones correctivas se debe contemplar que cada filtro de mangas opere con un sistema de detección de rotura de manga. En caso de rotura de alguna manga, esta debe reemplazarse dentro de las 72 horas siguientes. Se debe incorporar cuando corresponda, el registro de fechas de detección y reemplazo de mangas en un anexo del informe mensual.
  - v. Cada lavador de gases (scrubber) deberá mantener la caída de presión horaria y el flujo de agua igual o sobre el nivel mínimo establecido por diseño.
  - vi. Se debe detener la operación del secador en el caso que el filtro de mangas u otro equipo de control de MP no se encuentre operando.
  - vii. Se debe detener la operación de los hornos de fusión y de los hornos de conversión en caso que las plantas de ácido no se encuentren operando.
  - viii. Ante cualquier evento que implique la detención de algún equipo de control, debe quedar en el registro del informe mensual respectivo.
- c) Se debe mantener una inspección visual de los humos de la o las chimeneas del horno de refino, con el fin de mantener un nivel de opacidad inferior o igual a 4%.
- d) Para minimizar las emisiones de MP del transporte y acopio del concentrado:
- i. La recepción, manejo, acopio, sistema de correas y traspaso de los concentrados y de la sílice, deberán realizarse sin emisión de MP resuspendido. El plazo para implementar esta medida es de 18 meses, contado desde la entrada en vigencia del presente decreto.
  - ii. Los caminos y áreas de estacionamientos para la circulación de camiones y otros vehículos que transportan concentrado deberán contar con medidas de estabilización que minimicen la emisión de MP resuspendido. El plazo para implementar esta medida es de 18 meses, contado desde la entrada en vigencia del presente decreto.

Se informará a la Superintendencia del Medio Ambiente en un documento consolidado, sobre los planes de operación y mantención, con el fin de verificar que se han incluido los requisitos establecidos en el Título III, IV y V del presente decreto. Dicha información se realizará en el plazo de 3 meses desde la publicación en el Diario Oficial del presente decreto y cada vez que se efectúe algún cambio significativo en estos planes.

#### **Título V: Entrada en vigencia**

**Artículo 13.- Vigencia de la norma:** La presente norma de emisión entrará en vigencia desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del decreto que la establezca.

**Artículo 14.- Plazos:** Las exigencias de: (i) medición de los límites de emisión anual, (ii) medición de los límites en chimenea, (iii) informes, y (iv) prácticas operacionales, serán obligatorias transcurridos tres meses desde la entrada en vigencia del presente decreto. Se exceptúan aquellas exigencias que tienen considerado un plazo de vigencia distinto.

#### **Título VI: Derogaciones o modificaciones**

**Artículo 15.- Derogaciones:** Las fuentes emisoras a que se refiere el artículo 3°, que actualmente deban cumplir con el D.S. N°165 de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire, deberán cumplir con lo dispuesto en dicho decreto hasta que sean exigibles los límites máximos de emisión establecidos en la Tabla N° 1 de la presente norma. A partir de dicha fecha se tendrá por derogada, respecto de dichas fuentes emisoras, la norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire, excepto el Título III, sobre Metodologías de medición y control de la norma, Párrafos del 1 al 5, artículos del 15 al 29.

#### **Artículos Transitorios**

**Artículo 16.- Congelamiento de emisiones:** Durante el periodo de transición que va desde la publicación en el Diario Oficial de la presente norma hasta transcurridos 5 años desde dicha fecha, las fuentes emisoras existentes no podrán exceder los valores límites de emisión para SO<sub>2</sub> de la tabla 2, durante cada año calendario.

Tabla 2: Emisión de SO<sub>2</sub> (Ton/año) Fuentes Existentes Periodo de transición

Fundición	SO <sub>2</sub> (ton/año)
Hernán Videla Lira	24.500
Ventanas	19.000
Chagres	13.950
Potrerillos	89.500
Altonorte	24.000
Caletones	124.500
Chuquicamata	96.500

Los valores fijados en esta tabla se entenderán sin perjuicio de los límites establecidos en las respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental y en los Planes de Prevención o Descontaminación, cuando corresponda.

Para el primer año de vigencia, la emisión máxima de SO<sub>2</sub> se calculará según la siguiente relación: Emisión = (Emisión Anual Máxima / 12) \* n° de meses restantes. Donde el n° de meses restantes corresponde a los meses contados desde la entrada en vigencia del decreto hasta diciembre de ese año.

**2.- Sométase a consulta pública** el presente Anteproyecto de norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico. Para tales efectos:

- Remítase** copia del expediente al Consejo Consultivo Nacional del Ministerio del Medio Ambiente para que emita su opinión sobre el presente anteproyecto de revisión de norma de emisión. Dicho Consejo dispondrá de 60 días hábiles contados desde la recepción de la copia del expediente, para el despacho de su opinión. La opinión que emita el Consejo Consultivo será fundada, y en ella se dejará constancia de los votos disidentes.
- Dentro** del plazo de 60 días hábiles, contados desde la publicación en el Diario Oficial, del extracto de la presente resolución, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto de revisión de norma de emisión. Dichas observaciones deberán ser presentadas, por escrito, en el Ministerio del Medio Ambiente o en la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente correspondiente al domicilio del interesado, y deberán ser acompañadas de los antecedentes en los que se sustentan, especialmente los de naturaleza técnica, científica, social, económica y jurídica.

Anótese, publíquese en extracto, comuníquese y archívese.

  
*Maria Ignacia Benítez*  
**MARÍA IGNACIA BENÍTEZ PEREIRA**  
 MINISTRA  
 Ministra del Medio Ambiente

  
 CRF/JRH/PUM/CCCN  
 C.C.:  
 - Consejo Consultivo Nacional

LO QUE TRANSCRIBO A UD., PARA  
 SU CONOCIMIENTO.  
 SALUDA ATTE. A UD.,

000776

- División Jurídica
- División de Política y Regulación Ambiental
- División de Estudios
- Comité Operativo de la norma
- Expediente de la norma
- Archivo

2. Que el municipio de El Quisco, atendido el avance del estudio, ha solicitado a esta Seremi proceder a la prórroga de la medida, en atención a la necesidad de evitar la proliferación de permisos que puedan perjudicar de manera irreversible el proceso de planificación. Lo anterior en consideración a que las modificaciones propuestas en los sectores objeto de postergación se asocian, en primer lugar, a una serie de áreas de riesgo emplazadas en el sector Punta de Tralca, materia que se encuentra regulada por el artículo 2.1.17 de la OGUC que faculta a los planes reguladores a definir áreas restringidas al desarrollo urbano mediante estudio fundado. Y en segundo lugar se asocian a la Zona Típica de Isla Negra, la cual conforme al artículo 2.1.18 de la OGUC corresponde a un Área de Protección, la cual debe ser reconocida en el instrumento de planificación territorial.

3. Lo instruido por medio de la Circular N° 630 (DDU 175) en su letra c) que establece, "Se sugiere siempre acoger postergaciones y sus prórrogas en aquellos procesos que, de acuerdo a estudios fundados, recomiendan definir áreas de restricción derivadas de la aplicación de las disposiciones del artículo 2.1.17, sobre riesgos para los asentamientos humanos y protección de infraestructura, y del artículo 2.1.18 referido a la protección de recursos de valor natural o patrimonial cultural".

## Resolución:

1. Prorrógase la postergación de permisos de subdivisión, urbanización y construcciones por un plazo de tres (3) meses, a contar del plazo de expiración de la postergación de permisos vigente, originalmente dispuesta por decreto alcaldicio N° 2.715, de fecha 28 de diciembre de 2011, publicada en el Diario Oficial con fecha 3 de enero de 2012, y prorrogada por medio de resolución exenta N° 563, de 28 de marzo de 2012. Esto es, se prorroga a contar del día tres (3) de julio de 2012 la postergación de los referidos permisos en el sector definido como "Sector Borde Costero Punta de Tralca-Isla Negra" de acuerdo a lo graficado en el plano denominado "Polígono Zona de Postergación", elaborado por Asesoría Urbana de la Ilustre Municipalidad de El Quisco y que forma parte del decreto ya individualizado.

2. La presente resolución deberá ser publicada en el Diario Oficial y en uno de los diarios de mayor circulación de la comuna.

Anótese, comuníquese y publíquese.- Matías Avsolomovich Falcón, Secretario Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo Región de Valparaíso.

Ministerio de Transportes  
y Telecomunicaciones

## SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES

Secretaría Regional Ministerial  
VII Región del Maule

## EXTRACTO DE RESOLUCIÓN N° 857, DE 2012

Por resolución N° 857, de 18 de junio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región del Maule, se aprobó el gabinete técnico de la I. Municipalidad de Sagrada Familia y se autorizó a dicha Municipalidad para otorgar licencias de conductor, la que deberá suspender su otorgamiento en el evento de faltarle alguno de los requisitos que hicieron posible su autorización.- César Muñoz Vergara, Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones, Región del Maule.

## Ministerio del Medio Ambiente

## ANTEPROYECTO NORMA DE EMISIÓN PARA FUNDICIONES DE COBRE Y FUENTES EMISORAS DE ARSÉNICO

(Extracto)

Por resolución exenta N° 536, de 25 de junio de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, se aprobó el anteproyecto de norma referido y se ordenó someterlo a consulta. La misma resolución ordena publicarlo en extracto que es del siguiente tenor:

## Fundamentos

Las fundiciones y fuentes emisoras de arsénico se caracterizan por generar emisiones al aire, tanto en forma fugitiva como por chimeneas. Las emisiones contienen SO<sub>2</sub>, MP y trazas de sustancias tóxicas, tales como: As, Hg, Pb y Ni, entre otros. Tales elementos forman parte natural de la composición química de los concentrados o de los minerales, que al ser sometidos a procesos térmicos de fusión y conversión y al ser liberados a la atmósfera, como gases y partículas en fases líquida y gaseosa, aumentan su nivel de agresividad y toxicidad.

Para la elaboración de este anteproyecto se consideró la evaluación de los escenarios de control simulados respecto de la situación sin norma. Para cada escenario evaluado se estimó el potencial de reducción de emisión de cada fundición así como los costos asociados, simulándose los efectos de la reducción de las emisiones en la calidad del aire. Los escenarios de captura y fijación de SO<sub>2</sub> - 95%, 96% y 97% - seleccionándose el escenario de 95%, por presentar la mayor eficiencia y costo efectividad en las reducciones logradas.

La norma de emisión comprende la aplicación de límites de emisión para el establecimiento y para operaciones unitarias relevantes. Los límites de emisión para el establecimiento tienen por objeto controlar las emisiones anuales de SO<sub>2</sub> y de As, las cuales se constatan del límite del sistema, por balances de masa y expresados en toneladas emitidas durante un año calendario.

Durante el período de transición, que comprende desde la entrada en vigencia de la presente norma hasta el plazo que se establece para el cumplimiento de las metas de emisión, se ha considerado apropiado congelar las emisiones de las fuentes emisoras existentes.

## Objetivo

Proteger la salud de las personas y el medio ambiente en todo el territorio nacional. Con la aplicación de esta norma se reducirán las emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), arsénico (As) y mercurio (Hg).

## Definiciones relevantes

**Fuente emisora:** corresponde a toda fundición de cobre o cualquier otra fuente emisora de arsénico donde se realiza un tratamiento térmico cuyo contenido de arsénico en la alimentación sea superior a 0,005% en peso.

**Fuente emisora existente:** comprende a las fundiciones Hernán Videla Lira, Ventanas, Chagres, Potrerillos, Altonorte, Caletones y Chuquicamata, y a la Planta de Tostación Ministro Hales.

**Fuente emisora nueva:** fuente emisora cuya Resolución de Calificación Ambiental fue otorgada después de la fecha de publicación en el Diario Oficial de la presente norma.

Límites máximos de emisión al aire de SO<sub>2</sub> y As

Las fuentes emisoras existentes no podrán exceder los siguientes límites máximos de emisión para SO<sub>2</sub> y As, por año calendario:

Tabla 1: Límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> y As para fuentes existentes

Fundición	SO <sub>2</sub> (ton/año)	As (ton/año)
Hernán Videla Lira	12.880	17
Ventanas	14.650	48
Chagres	13.950	35
Potrerillos	24.400	157
Altonorte	24.000	126
Caletones	47.680	130
Chuquicamata	49.700	476
Planta de Tostación Ministro Hales	548	1

Para ambos contaminantes, las fuentes existentes deberán cumplir con niveles de captura y fijación de 95% de sus emisiones. Los valores fijados en esta tabla se entenderán sin perjuicio de los límites establecidos en las respectivas resoluciones

Leyes, Reglamentos y Decretos de Orden General

DIARIO OFICIAL  
DE LA REPUBLICA DE CHILE

RED BOA

Miembro de la Red de Diarios Oficiales Americanos

de Calificación Ambiental y en los Planes de Prevención o Descontaminación, cuando corresponda.

#### Límites en Chimenea

- Las plantas de ácido deben emitir una cantidad inferior o igual a 800 ppm (partes por millón en volumen) de SO<sub>2</sub>.
- Las plantas de ácido deben emitir una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As.
- Los secadores y los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual a 50 mg/Nm<sup>3</sup> de MP.
- Los hornos de limpieza de escoria deben emitir una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As.

#### Plazos de cumplimiento

- Los límites máximos de emisión al aire de SO<sub>2</sub> y As deberán ser cumplidos en un plazo de 5 años desde la publicación de la norma en el Diario Oficial.
- Los límites en chimenea deberán cumplirse transcurridos 5 años a contar de la publicación de la norma en el Diario Oficial. Para el caso de las chimeneas de las plantas de ácido, las fuentes emisoras existentes deberán cumplir en 5 años a contar de la publicación de la norma, si actualmente no cuentan con plantas de ácido de doble contacto. En caso de contar con planta de doble contacto, el plazo será de 2 años y medio.

#### Límites máximos de emisión para fuentes nuevas

Las fuentes emisoras nuevas deben cumplir con las siguientes disposiciones:

- Cumplir con los límites de emisión durante cada año calendario:
  - Emitir una cantidad inferior o igual al 2% en peso del azufre ingresado a la fuente emisora.
  - Emitir una cantidad inferior o igual al 0,024% en peso del As ingresado a la fuente emisora.
- Cumplir con los límites de emisión en chimenea:
  - Las plantas de ácido solo pueden emitir una cantidad inferior o igual a 200 ppm SO<sub>2</sub>; una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As y una cantidad inferior o igual a 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> de Hg.
  - Los secadores y los hornos de limpieza de escoria sólo pueden emitir una cantidad inferior o igual a 30 mg/Nm<sup>3</sup> de MP.
  - Los hornos de limpieza de escoria sólo pueden emitir una cantidad inferior o igual a 1 mg/Nm<sup>3</sup> de As.

#### Prácticas Operacionales

- Informar a la Superintendencia del Medio Ambiente y a la Seremi del Medio Ambiente, sobre el encendido o detención programada de la planta de ácido y del horno de fusión, así como también la duración del período de mantención.
- Implementar un plan de operación y mantención de los sistemas de captura.
- Mantener una inspección visual de los humos de la o las chimeneas del horno de refinado, con el fin de mantener un nivel de opacidad inferior o igual a 4%.
- Minimizar las emisiones de MP del transporte y acopio del concentrado.

#### Fiscalización y metodologías para verificar el cumplimiento

- Corresponderá el control y fiscalización del cumplimiento del presente decreto a la Superintendencia del Medio Ambiente.
- Para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de SO<sub>2</sub> y de As, las fuentes emisoras nuevas y existentes deben implementar balances de masa dentro del límite del sistema, durante un año calendario.
- Para SO<sub>2</sub> en las plantas de ácido, se debe implementar un sistema de monitoreo continuo, 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).

#### Entrada en vigencia

La presente norma de emisión entrará en vigencia desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del decreto que la establezca.

#### Derogaciones o modificaciones

Las fuentes emisoras que actualmente deban cumplir con el DS N°165, de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, deberán cumplir con lo dispuesto

en dicho decreto hasta que sean exigibles las metas establecidas en la Tabla N° 1. A partir de dicha fecha se tendrá por derogada, respecto de dichas fuentes emisoras, la norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire, excepto el Título III, sobre Metodologías de medición y control de la norma, párrafos del 1 al 5, artículos del 15 al 29.

#### Transitorios

Durante el período de transición que va desde la publicación en el Diario Oficial de la presente norma hasta transcurridos 5 años desde dicha fecha, las fuentes emisoras existentes no podrán exceder los valores límites de emisión para SO<sub>2</sub>, de la tabla 2, durante cada año calendario.

Tabla 2: Emisión de SO<sub>2</sub> (Ton/año) Fuentes Existentes Período de transición

Fundición	SO <sub>2</sub> (ton/año)
Hernán Videla Lira	24.500
Ventanas	19.000
Chagres	13.950
Potrerillos	89.500
Altonorte	24.000
Caletones	124.500
Chuquicamata	96.500

Los valores fijados en esta tabla se entenderán sin perjuicio de los límites establecidos en las respectivas resoluciones de Calificación Ambiental y en los Planes de Prevención o Descontaminación, cuando corresponda.

#### Consulta Pública

Dentro del plazo de 60 días hábiles, contados desde la publicación del presente extracto, cualquier persona, natural o jurídica, podrá formular observaciones al contenido del anteproyecto de norma de emisión. Dichas observaciones deberán ser presentadas, por escrito, en el Ministerio del Medio Ambiente o en la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente correspondiente al domicilio del interesado, o bien a través del correo electrónico [planesynormas@mma.gob.cl](mailto:planesynormas@mma.gob.cl), y deberán ser acompañadas de los antecedentes en los que se sustentan, especialmente los de naturaleza técnica, científica, social, económica y jurídica.

El texto completo del presente anteproyecto y sus antecedentes puede ser consultado en la página web del Ministerio del Medio Ambiente: [www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl).

**Marcas**  
Instituto Nacional de Propiedad Industrial

- Marcas ● patentes de invención
- modelos de utilidad ● dibujos y diseños industriales
- esquemas de trazado o topografías de circuitos integrados,
- indicaciones geográficas y
- denominaciones de origen

Oficinas Atención de usuarios:  
Alameda 194 Primer piso

Protección efectiva de los distintos elementos que conforman la marca comercial y patente