

metalúrgica y metalmeccánica chilena, en particular en la tercera etapa del proceso, una vez cerrado el molde, se hace reaccionar la arcilla de la mezcla.

La Asociación de Industriales Metalúrgicos y Metalmeccánicos (ASIMET), cuya misión es impulsar el desarrollo de la metalúrgica y metalmeccánica en Chile, y representada por asociados ante las entidades públicas y privadas, a nivel nacional e internacional, agrupa a cerca de 300 socios, los que corresponden al 23% de las empresas del sector.

Los procesos de producción de una fundición, en general se separan por procesos del tipo continuo o de fabricación específicas. Es principalmente en este último punto donde adquiere real importancia el proceso de fundir una pieza, puesto que pueden fabricar piezas de formas complejas, que imposibles de construir con las herramientas tradicionales de fabricación (tornos, fresas, etc.).

El proceso de fundición se compone de cuatro etapas principales. La primera etapa consiste en la carga de las materias primas en un horno de fundición especial (chatarras, ferrosas o no ferrosas).

y los materiales aleantes), donde luego se calientan hasta su punto de fundición. Cada equipo (horno) tiene un proceso específico de fusión, ya que cada fundición utiliza distintas aleaciones (que poseen distintas temperaturas de fusión). Actualmente, en la Región Metropolitana las fundiciones ocupan hornos de inducción, de arco eléctrico y cubilotes. Las fundiciones no ferrosas, principalmente se utilizan hornos de crisol, a petróleo, parafina o resistencias eléctricas.

En una segunda etapa, se procede a separar la escoria e introducirlo dentro del molde. Este proceso es conocido como "colada" o llenado de moldes. Los moldes se producen de patrones (modelos), que tienen la forma del producto que pueden ser permanentes (metálicos) o no permanentes, compuestos de material refractario (arenas), aglomerantes y aditivos. Las almas son aquellos elementos que llenan los espacios necesarios para obtener orificios al interior del molde.

Para la construcción de almas, se utilizan los mismos materiales con una menor cantidad de aglomerante, ya que las almas deben ser duras y colapsables. Por lo general, se utilizan arenas en la construcción de las almas y luego se reciclan en el molde exterior. Al saturar las arenas, estas son desechadas.

Las emisiones atmosféricas que se presentan en las distintas etapas del proceso productivo corresponden a: material particulado (MP10), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO₂) y nitrógeno (N₂). Respecto a la generación de residuos, éstos se generan principalmente en los retenidos en filtros de mangas, arenas de descastración y chatarra.

Para el Acuerdo: Metas y Acciones
Respecto de las emisiones atmosféricas, el acuerdo se centra en la implementación de acciones para reducirlas. Entre ellas se pueden mencionar:

- > Cambio tecnológico en los Horno de Inducción Electromagnéticos.
- > Cambio de combustibles más limpios.

Cuadro 2.2: Contaminantes generados según actividad

Actividad del Proceso de Fundición	Contaminantes
Tratamiento de materias primas	material particulado
Producción de moldes y almas	material particulado Compuestos orgánicos volátiles Residuos líquidos
Carga del horno	material particulado Compuestos orgánicos volátiles
Fundición y fusión	material particulado óxidos de azufre óxidos de nitrógeno Monóxido de carbono Escoria Plomo y humos inorgánicos
Colada	material particulado Monóxido de carbono Transporte del material Material particulado Monóxido de carbono
Llenado de moldes (colada)	material particulado Compuestos orgánicos volátiles
Enfriamiento	material particulado Compuestos orgánicos volátiles
Desmoldeo	material particulado Arenas de descarte
Limpieza de productos fundidos	Material particulado

Fuente: Empresa Consultora AMBAR S.A.

Por su parte, la meta relacionada con residuos sólidos se continúa se presentan los resultados de la evaluación en acciones tales como:

- > Implementar sistemas de minimización, recolección, segregación, recuperación, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos para las arenas de desecho. Al término del acuerdo, SESMA y CPL realizaron una evaluación del cumplimiento de las acciones de las 43 empresas firmantes. Esta evaluación determinó un cumplimiento promedio de 94%, correspondiendo un 92,2% a las acciones relacionadas a las emisiones atmosféricas y un 94,8% a acciones referidas a residuos sólidos.

5. Evaluación del Acuerdo de Producción Limpia

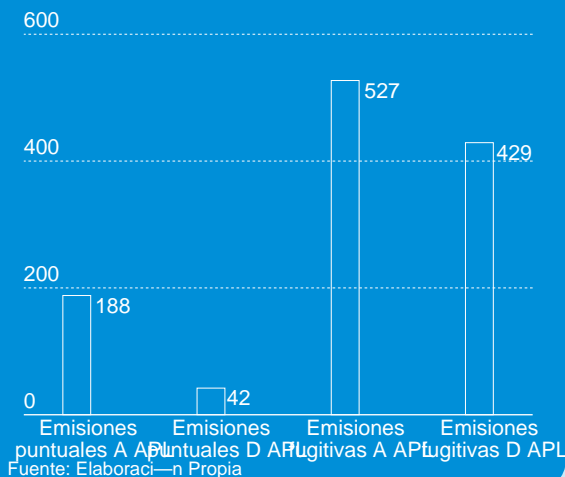
La evaluación del APL se desarrolla a partir de tres líneas de acción en emisiones atmosféricas por las empresas evaluadas.

- i. Evaluación del cumplimiento de las acciones comprometidas. Se observa que 23 empresas cumplieron con el acuerdo; 100% de las acciones, mientras que cinco empresas cumplieron con menos de un 70% de dichas acciones.
- ii. Evaluación del impacto ambiental del cumplimiento de las acciones comprometidas, y
- iii. Evaluación Económica del Acuerdo.

En la figura 2.1 se muestra la distribución del cumplimiento de las acciones en emisiones atmosféricas por las empresas evaluadas.

En la figura 2.2 se muestra la distribución de cumplimiento de las acciones en residuos sólidos por las empresas evaluadas.

Figura 2.4: Emisiones difusas y fugitivas antes y despu3s del APL



(A APL) con la situación posterior al APL (D APL). En el caso de las emisiones puntuales estas se redujeron 77% mientras que las emisiones fugitivas se redujeron en un 18%.

Conforme a los antecedentes fundantes de la Reformulación del Plan de Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (DS 58/2004, en su artículo 2), sobre la contribución de las emisiones puntuales de 146 ton/año (observada en la Figura 2.4), contribuyeron a reducir al inventario de emisiones de fuentes fijas en un 10,6%⁷.

Para efectos de analizar el impacto que tuvo la reducción de las emisiones sobre las concentraciones se utilizó una relación importante: Se trabajó con un modelo de estimación de emisiones (MODECO) con el cual se determina a través de un método estadístico las concentraciones bajo condiciones de dispersión que se dan a día de episodio ambiental típico en invierno. Para esto se

series de tiempo de concentraciones de PM10 en diversas estaciones de monitoreo⁸.

A través de relaciones emisión-concentración y considerando las concentraciones ambientales de los escenarios antes y después del APL en su punto de mayor impacto, se obtiene que la reducción de emisiones implica reducción en concentraciones de alrededor de un 23% en días de episodio.

Respecto de la evaluación ambiental de la meta sobre manejo de residuos sólidos, como no existía información que permitiera evaluar el impacto ambiental después del APL, se consideró el diagnóstico con que partió el segundo Acuerdo del Sector Fundiciones y efecto, bajo el supuesto que, la información entregada en el diagnóstico del segundo APL corresponde al nivel de cumplimiento de las empresas al término del primer APL, se pueden inferir algunas conclusiones interesantes. Para efecto de este estudio se sistematizaron las respuestas concernientes a los tipos de residuos

de los residuos. De las 18 empresas que contestaron a la encuesta, el 83.7% cuenta con una caracterización de los residuos. El 88.9% ha implementado alternativas de minimización, reutilización o reciclaje y el 83.3% cuenta con un sistema de registro para los residuos. Es posible inferir que los resultados del diagnóstico del primer APL, están en promedio bastante acordes con los resultados de la evaluación del primer APL. En particular, un 82% de las empresas respondieron que realizaron acciones de caracterización de los residuos, lo cual coincide con el 88% resultante de la acción de las empresas correspondiente al primer APL.

iii. Evaluación Económica: Costos y Beneficios

El cumplimiento por parte de las empresas firmantes trajo asociado un importante aumento de sus costos. De acuerdo a información de la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas (ASIMET) las 47 empresas firmantes invirtieron cerca de US\$5.000.000 en la implementación de tecnologías y procesos para reducir la contaminación ambiental. De esto alrededor de un

Cuadro 2.3: Costos totales de la implementación del APL

Costos Totales privados	Costos Totales Estado (Profos)	Costos del APL
\$2.051.054.000	\$546.000.000	\$2.600.000.000

Fuente: Elaboración propia

7 El total de emisiones de MP-10 de fuentes fijas era 1.371 ton/año según el inventario de 2000.

8 Las concentraciones episodio permiten que el MODEC estime beneficios diarios de salud derivados de la mejor calidad ambiental al día de episodio. Estos beneficios luego se agregan para obtener un beneficio anual a través de la distribución anual de concentraciones obtenidas.

9 El diagnóstico fue realizado por CPL junto con ASIMET, quienes encuestaron a 18 de las empresas que participaron del primer acuerdo de Residuos Sólidos Industriales.

Cuadro 2.4: Resumen de beneficios en mortalidad y morbilidad

Tipo de Beneficios	Beneficios (US\$ de 1996)	Porcentaje (%)
Mortalidad	6.798.991	44,8%
Morbilidad	8.367.034	55,2%
Total	15.166.025	100,0%

Fuente: Elaboración Propia

fue financiado por CORFO a través de su instrumento PROFO. Los beneficios se estimaron valorando los impactos de en el que participaron 17 empresas. En el cuadro 2.3 se resume en concentraciones producida por la menor emisión de los costos totales.

Sin embargo, también existieron beneficios privados, tales como mejoras en eficiencia y reducción de costos por cambio de combustibles. Por ejemplo, la empresa Gerdau Aza que en su

Planta Renca instaló quemadores duales y cambió su combustible de petróleo diesel a gas natural¹⁰, invirtió US\$500.000 por este cambio y obtuvo un ahorro anual de menores costos de combustible, del orden de los US\$150.000.

Por problemas de acceso a información no fue posible estudiar los beneficios privados, sin embargo, en conversaciones con representantes de las empresas participantes quedó claro que sí existieron beneficios privados de modificaciones.

Además de los beneficios privados existen importantes beneficios sociales de reducir la contaminación. Se estima por ejemplo que los beneficios por menores daños en salud pueden alcanzar los US\$15 millones anuales. Como se muestra en el cuadro 2.4 los beneficios derivados de morbilidad son mayores que los de mortalidad y los primeros representan alrededor de un 55% de los beneficios.

10 Informe "Uso de Tecnologías Limpias: Experiencias Prácticas para Chile" Ministerio de Economía 2000.

11 Gómez-Lobo, Pantaleón, Frigolett, García, Valenzuela. "Los Beneficios Sociales y Ambientales de Limitar la Entrada de Vehículos Ciudad de Santiago" Estudios Públicos 92. 2003.

Cuadro 2.5: Costos y beneficios de la implementación del APL

Ítem	Emisiones Puntuales	Emisiones Fugitivas/Difusas	Totales
Reducción de Emisiones (Kg./año)	146,275	97,665	243,939
Reducción en concentración (%)			23
Beneficio Salud (\$) anuales	\$5,318,559,000	\$3,551,116,853	\$8,869,675,853
Beneficio Visibilidad (\$) anuales	\$200,396,750	\$133,801,708	\$334,198,458
Beneficio Materiales (\$) anuales	\$674,629,954	\$450,439,640	\$1,125,069,594
Costos de Inversión (\$)			\$2,051,054,000
Costos Estado (Profesores)(\$)			\$546,000,000

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 2.6: Resumen Indicadores Acuerdo de Producción Limpia Sector Fundiciones

Indicadores de Participación Económica

Producción anual	459.000 t/año. (Fuente: Diagnóstico APL2).
Participación PIB	0,24%
Localización	RM y VI Región.

Antecedentes del APL

Fecha firma	13 de Agosto 1999.
Número de empresas firmantes	46
Número de empresas que finalizan APL	43
Número de metas	
Número de acciones	15 aire 10 residuos sólidos
Porcentaje de cumplimiento	
Distribución del cumplimiento aire	23 empresas cumplieron 100% 9 empresas entre el 90 y 99% 7 empresas entre el 80 y 89% 2 empresas entre el 60 y 70%. 1 empresa entre el 50 y 60%. 1 empresa entre el 20 y 30%.
Distribución del cumplimiento residuos	21 empresas cumplieron 100% 16 empresas entre el 90 y 99% 2 empresas entre el 80 y 89% 3 empresas entre el 70 y 80% 1 empresa entre el 50 y 60%

Cuadro 2.6: Resumen Indicadores Acuerdo de Producción Limpia Sector Fundiciones

Indicadores Ambientales

Reducción Emisiones (ton/año)	244:
146 emisiones puntuales	98 emisiones fugitivas
Contribución a reducción de inventario de fuentes fijas (1.371 según inventario 2000) considerando solo emisiones puntuales	10,6%
Reducción en Concentración Ambiental Considerando 2014 Episodio	2,1%

Indicadores económicos

Beneficios en Salud	16 millones de US\$ / año
Beneficios en Visibilidad	0,6 millones de US\$ / año
Beneficios Materiales	2 millones de US\$ / año

Inversión del APL

Inversión Privada	3,7 millones de US\$
Inversión Pública (Profos de Corfo)	1,0 millones de US\$

Otros beneficios del APL

- > Genera clima de cooperación industria / sector público
- > Mejora el acceso de la información tanto para el regulador como para la industria
- > Nivelan los niveles de cumplimiento entre las distintas empresas
- > Mejora la imagen del sector
- > Reduce los problemas hacia la comunidad
- > Aminora la necesidad de fiscalización por parte del regulador, pudiendo este reasignar sus recursos hacia otras zonas



II. Acuerdo de Producción Limpia Sector Fundiciones de la Región Metropolitana

