

Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Unidad de Economía Ambiental



**ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL  
ANTEPROYECTO DE PLAN DE DESCONTAMINACIÓN PARA LA  
ZONA CIRCUNDANTE A LA FUNDICIÓN CHUQUICAMATA DE LA  
DIVISIÓN CHUQUICAMATA DE CODELCO CHILE**

Abril de 2000

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe tiene como objetivo analizar el impacto económico y social del anteproyecto de Plan de Descontaminación del área circundante a la Fundición Chuquicamata de la División del mismo nombre perteneciente a CODELCO Chile.

Antecedentes disponibles señalan que el área poblada cercana a la fundición se encuentra saturada por los contaminantes anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>) y material particulado respirable (MP10). En efecto, mediante D.S. N°185 de 1991 del Ministerio de Minería se declaró zona saturada esta área para los contaminantes antes mencionados. Luego, en el año 1993, siguiendo lo establecido en el mencionado decreto, se aprueba un plan de descontaminación que establece reducciones de emisión y fija el cumplimiento de las normas de calidad para fines del año 1999.

La generación de nuevos antecedentes, como el reconocimiento de la importancia de otras fuentes emisoras de particulado distintas de las actividades de la Fundición y el desarrollo de nuevas relaciones entre emisión y calidad para el SO<sub>2</sub>, permitió prever que la meta fijada para fines de 1999 no sería cumplida con las inversiones comprometidas en el contexto del plan del año 1993. Dado esto, se ha decidido elaborar un nuevo plan que establezca un cronograma de reducción de emisiones tal que se llegue a la meta de calidad fijada a través de las normas de calidad.

Para realizar el presente análisis de los efectos económicos y sociales de la implementación del presente anteproyecto de plan, es necesario en primer lugar identificar las exigencias que se le hacen en este anteproyecto a los distintos agentes involucrados, fundamentalmente al único emisor del área que es el conjunto de operaciones de la División Chuquicamata. Esto será analizado en el capítulo 2 del presente documento.

Se analiza, en el capítulo 3, la situación actual del área y lo que debiera ocurrir si es que no se realiza el presente anteproyecto.

En el capítulo 4 se identifica cuáles son la o las posibles opciones que la fuente emisora puede implementar para responder a tales exigencias.

Una vez conocida las estrategias de descontaminación de las fuentes emisoras, en el capítulo 5 se identifica el o los impactos que tienen una expresión económica y que se generan de la implementación de las estrategias de descontaminación. En el capítulo 6, se valorizan en particular los impactos sobre la propia fuente (costos y beneficios del plan sobre ella), las poblaciones afectadas por la contaminación y el Estado como organismo fiscalizador.

Finalmente se discute el resultado final del ejercicio y se realizan algunas sugerencias para la toma de decisiones.

Este informe fue elaborado en la Unidad de Economía Ambiental de CONAMA basándose en los antecedentes disponibles en el expediente público del Plan y en metodologías

aplicadas en evaluaciones similares realizadas en los planes de descontaminación de Caletones y Potrerillos.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS EXIGENCIAS CONTENIDAS EN EL ANTEPROYECTO DE PLAN**

Como se señaló en un principio, al disponerse de nuevos antecedentes y verificarse la imposibilidad de cumplir con las normas de calidad de aire para anhídrido sulfuroso al término de 1999, tal como lo establecía el plan formulado en 1993, la autoridad ha elaborado el presente anteproyecto de reformulación del plan que, en lo fundamental, establece un cronograma de reducción de emisiones para SO<sub>2</sub> que al final alcanza niveles de emisión tales que asegura el cumplimiento de la norma primaria de manera permanente en el área poblada del campamento de Chuquicamata.

### *Nuevos antecedentes considerados para la reformulación del plan de 1993*

La División Chuquicamata de CODELCO Chile señaló a CONAMA que la totalidad de los proyectos considerados en el Plan de Descontaminación de 1993 han sido completados según el cronograma establecido, pero que no será posible asegurar el permanente cumplimiento de las normas de calidad de aire, a menos que se ejecuten nuevos proyectos.

La razón que da la propia División y que explica el por qué se comprometió a una meta de calidad en función de una serie de proyectos y que posteriormente no se cumplió, es la “insuficiencia de información de base que se disponía al momento de elaborar este plan, el primero llevado a cabo en el país bajo el DS N°185”<sup>1</sup>. Específicamente señalan:

- Originalmente se estimó que la fuente emisora responsable de la condición de zona saturada por SO<sub>2</sub> en el Campamento de Chuquicamata, era la Fundición de Concentrados, razón por la cual se enfatizó todas las acciones del plan exclusivamente en dichas instalaciones;
- En el caso del MP10, se indicó que la concentración en el aire era principalmente de origen natural o de operaciones minero-industriales no controlables totalmente, lo que se tradujo en que el resultado de las acciones sólo tuvo efectos parciales.
- A través de estudios posteriores se demostró que existían otras emisiones de material particulado, distintas de las de la Fundición, como el botadero de lastre, que dependiendo de la ubicación, intensidad operacional y condiciones meteorológicas impiden el cumplimiento de las normas.
- Debido a la gran dispersión de los valores que existe en una estimación de la relación emisión – calidad, permite ahora concluir que pequeñas emisiones pueden generar altos

---

<sup>1</sup> CODELCO Chile, Gerencia de Medio Ambiente, Carta del 16 de diciembre de 1998 dirigida al Director Ejecutivo de CONAMA

niveles de SO<sub>2</sub> en el campamento, implicando que la norma primaria diaria y anual no se cumpliría al término del año 1999.

Estos antecedentes permiten justificar la necesidad de revisar el plan establecido en 1993 e incorporar los nuevos antecedentes. Además se debe señalar que la regulación de las emisiones de arsénico exigidas a Chuquicamata y las dificultades para cumplir con la norma de MP10 en el largo plazo, han justificado el establecimiento de nuevas inversiones que reducen la emisión así como la decisión de mover a la población fuera del actual campamento.

Dado lo anterior, la situación previa a la formulación es que la fundición no podrá, a partir del 31 de diciembre de 1999, cumplir con la exigencia final del plan de 1993, y que el cumplimiento de la misma sólo se verificará una vez terminado los nuevos proyectos y la erradicación del campamento, tentativamente establecida para el año 2003.

#### *Descripción del anteproyecto de plan*

El anteproyecto de norma establece, en lo fundamental, un cronograma de reducción de emisiones para SO<sub>2</sub> con las siguientes etapas: 174 mil ton/año en los años 2000 y 2001, 158 mil ton/año en el 2002, 56 mil ton/año el 2003 y años siguientes.

Además señala, respecto del MP10, que a partir de la entrada en vigencia del plan, la Fundición deberá emitir una cantidad inferior o igual a 1.850 ton/año. Agrega que la División deberá adoptar las medidas operacionales necesarias para evitar sobrepasar el nivel de norma diario para MP10, establecido en el DS N°59 del MINSEGRPES, adoptando a lo menos restricciones en la operación de algunos botaderos según condiciones climáticas, mantener uso de carpetas o regadío de caminos e implementar captación de algunos gases fugitivos en la Fundición.

Respecto del control de episodios críticos de SO<sub>2</sub> y MP10, se establece que la División deberá controlar mediante medidas operacionales estos episodios donde exista población, para lo cual deberá presentar un documento que explicita los medios que se utilizarán para dar cumplimiento a esta exigencia. Además se señala la obligación de informar a la comunidad y recomendar la adopción de medidas relacionadas con restricción a la circulación de las personas vulnerables durante la ocurrencia de estos eventos.

Por último, se le exige a la División el desarrollo de un programa de educación y difusión ambiental, orientado tanto a la población escolar como a la adulta y cuyos objetivos serán educar respecto de los efectos a la salud de los contaminantes materia del plan, medidas de protección a adoptar por la población durante la ocurrencia de los episodios críticos y dar a conocer el desarrollo del Plan de Descontaminación.

El plan también detalla las exigencias a las nuevas actividades que deseen instalarse en la zona saturada y que emitan material particulado y/o SO<sub>2</sub>. Al respecto se señala que deberán compensar en un 120% sus emisiones con las fuentes existentes, teniendo la fuente que entrega emisiones hacerlo por sobre lo dispuesto en el cronograma de reducción de emisiones anteriormente descrito.

Respecto de los servicios fiscalizadores, se establece la competencia de fiscalización del Servicio de Salud de Antofagasta, para lo cual detalla las responsabilidades de la División en cuanto a traspasar de manera permanente información a este organismo. Además, el Servicio deberá informar a la COREMA de la labor de fiscalización y verificar el cumplimiento del Plan, para que éste a su vez informe a la CONAMA, ente responsable de las futuras actualizaciones.

### **3. SITUACIÓN BASE**

La fundición estuvo sujeta a un Plan de Descontaminación aprobado en junio de 1993 mediante el D.S. N° 132 del Ministerio de Minería. En este Plan se establecía un cronograma de reducción de emisiones para azufre, material particulado y arsénico el que fue cumplido por la División Chuquicamata de CODELCO Chile y validado por las autoridades competentes del Ministerio de Salud. Además, señala que debía darse cumplimiento a las normas primarias de calidad de aire para anhídrido sulfuroso y MP10 a mas tardar a fines de 1999.

Según lo señalado en el capítulo 1, esta exigencia no será cumplida para el SO<sub>2</sub>. Esto plantea un escenario en el cual si no se actualiza el plan y se mantiene la exigencia de 1999, la Fundición estaría incumpliendo de manera permanente la norma.

Por otro lado, para dar cumplimiento a la norma de emisión de arsénico promulgada mediante D.S N°165 de 1999 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, la División Chuquicamata de CODELCO Chile implementará nuevos proyectos complementarios para la captación y tratamiento de gases, los que adicionalmente, permitirán una reducción significativa de las emisiones de anhídrido sulfuroso a la atmósfera.

Por lo tanto, para cumplir con la exigencia en el corto plazo debiera reducir fusión hasta que los proyectos definidos por la norma de arsénico entren en operación (estimativamente el año 2003). Las reducciones de fusión se darían, por lo tanto, entre el año 2000 y finales del 2002.

Respecto del material particulado respirable, los antecedentes disponibles señalan que, desde el año 1998 a la fecha, la norma de calidad de aire se cumple en los lugares donde existe población. Tal situación, según lo señalado por la empresa<sup>2</sup>, no es posible de garantizar en el futuro, dado que depende fuertemente de actividades asociadas a la operación de la mina y a las particulares condiciones meteorología de la zona, no existiendo a la fecha, tecnologías de control de emisiones económicamente factibles para este tipo de fuentes.

---

<sup>2</sup> En carta dirigida al Director Ejecutivo el 16 de diciembre de 1998 se señala que “en el caso que operara el botadero adyacente al campamento, existe una alta probabilidad de que la norma de PM-10 se supere en un porcentaje relevante de días.”

Respecto de la población del campamento de Chuquicamata, se puede señalar que en la actualidad representan cerca de 15 mil personas compuestas de la siguiente manera: 2500 trabajadores de CODELCO, 2400 cónyuges de los trabajadores, 1500 personas que no trabajan en CODELCO y sus cónyuges, 600 personas que trabajan como asesoras del hogar y 8000 niños. Se sabe además que casi no hay adultos mayores ni jóvenes en edad de ser estudiantes universitarios.

Se conoce también que el campamento dejaría de tener población residente a fines del año 2002, siendo este grupo presumiblemente erradicado a la ciudad de Calama.

#### **4. OPCIONES DE LA FUENTE PARA CUMPLIR CON EL PLAN**

Respecto al material particulado respirable, y dado que a la fecha se cumple la norma primaria de calidad de aire para este contaminante, el anteproyecto establece la mantención del nivel de emisión alcanzado durante el año 1999 y que la División de Chuquicamata de CODELCO Chile, adopte las acciones operacionales que correspondan en la operación de la mina, a fin de asegurar el cumplimiento de la norma de calidad de aire para material particulado respirable. De este modo el plan prácticamente no genera mayores exigencias a lo actualmente en operación en la Fundición y en las actividades asociadas a la mina.

El cronograma establecido en el anteproyecto para el SO<sub>2</sub> es coherente con los cronogramas de puesta en marcha de los proyectos que están implementándose para el cumplimiento de la norma de arsénico. Estas soluciones producirán disminuciones permanentes a la emisión.

Por lo tanto, se considera que para dar cumplimiento con el cronograma de reducción de emisiones de anhídrido sulfuroso propuesto en el anteproyecto, la División Chuquicamata de CODELCO Chile no deberá reducir su actividad durante el periodo y no deberá implementar nuevos proyectos a los ya decididos, que son el resultado de otras exigencias y decisiones propias de la División.

#### **5. IMPACTOS DEL PLAN**

El impacto económico más significativo del plan es evitar las reducciones de fusión que debieran producirse para cumplir con la exigencia de fines de 1999 establecida en el plan de 1993, evitando las significativas reducciones en la actividad y las pérdidas de utilidad asociadas. Por otro lado, este efecto posterga el cumplimiento de la calidad ambiental con los consiguientes riesgos a la salud de la población, resultantes de la exposición a niveles de contaminación atmosférica superiores a las establecidas en las normas.

Respecto del control de episodios críticos, el plan no detalla el programa de acciones operacionales que deberá implementar la División Chuquicamata de CODELCO Chile para controlar la ocurrencia de episodios. Al respecto, establece que dicha División deberá presentar un programa de acciones operacionales al Servicio de Salud de Antofagasta para su aprobación. Dado esto, no es posible anticipar las decisiones que tomará la División

Chuquicamata de CODELCO Chile para dar cumplimiento con el plan operacional para el control de episodios críticos.

Por lo tanto, los impactos resultantes de la implementación del presente plan de descontaminación se detallan a continuación:

- Costos para la salud de la población de Chuquicamata, producto de la prolongación del riesgo de daño a contraer enfermedades por exposición a niveles de concentración de anhídrido sulfuroso superiores a las normas de calidad de aire vigentes. La prórroga del plazo para cumplir con las normas primarias de calidad de aire para este contaminante, originalmente a fines de 1999, significa que seguirán existiendo riesgos de daños a la salud de la población que habrían sido evitados si se hubiera hecho exigible el cumplimiento de la norma de calidad, según lo establecía el Plan aprobado en 1993.
- Beneficios directos al emisor por reducciones de fusión evitadas. Este impacto se produce dado que la aplicación del Plan implica evitar reducciones de fusión significativas como medida de corto plazo para dar cumplimiento con la normativa de calidad de aire para anhídrido sulfuroso. Estas reducciones ocurrirían mientras se implementan los proyectos que reducirán de manera permanente la emisión de este contaminante a la atmósfera, permitiendo cumplir de esta manera con la normativa.

Es importante señalar que, según los antecedentes disponibles, no constituye impacto del presente plan las inversiones en marcha de proyectos asociados a reducción de emisiones de anhídrido sulfuroso y que se han originado para dar cumplimiento a otras normativas de carácter ambiental o que corresponden a iniciativas propias de la División Chuquicamata de CODELCO Chile.

- Se considera como beneficio del plan el hecho que la División pase de una situación de incumplimiento de la normativa vigente a otra de cumplimiento de la misma. Lo anterior implica costos evitados por eventuales multas y restricciones al comercio de los productos. Sin embargo, eso no pudo ser evaluado.
- Otro beneficio que no fue cuantificado fue el evitar pérdidas temporales de puestos de trabajo asociadas a la reducción de actividad de la Fundición.
- No se dispuso de antecedentes del efecto de la prórroga del cumplimiento de las normas de calidad de aire para anhídrido sulfuroso en los ecosistemas circundantes. Al respecto cabe señalar, que la localidad circundante a la Fundición de Chuquicamata no fue declarada zona saturada por norma secundaria de calidad de aire para anhídrido sulfuroso.
- Otro eventual costo que debe mencionarse es la restricción a potenciales actividades contaminantes en la zona regulada por el Plan. Esta restricción puede implicar mayores costos para aquellas actividades que dependen fuertemente de la localización dentro de esta área. No fue posible determinar un valor dado que no se tuvo acceso a información sobre nuevos proyectos a desarrollarse en el área. De todos modos, la propiedad del terreno es de la División Chuquicamata de CODELCO Chile.

- Para el Estado, por último, el presente anteproyecto establece continuar con las exigencias de monitoreo y vigilancia que se ha venido desarrollando hasta la fecha, por lo cual no se identifican costos incrementales atribuibles a este Plan.

## 6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS

Los resultados de la estimación de los costos y beneficios económicos y sociales evaluados para un período de 20 años y utilizando la tasa social de descuento de 12%, desde el punto de vista de la población, ecosistemas, del emisor y del Estado como organismo fiscalizador, corresponderán a:

### *Costos para las poblaciones que habitan el campamento de Chuquicamata*

Estos costos corresponden a los efectos en salud como resultado de la exposición a niveles de concentración superiores a los señalados en la normativa vigente, desde el año 2000 y hasta que se cumpla la calidad en el pueblo o se traslade a la población a sitios en donde los niveles de calidad cumplen la normativa vigente.

Para cuantificar estos costos se consideró los daños que se generan al pasar de una situación hipotética de cumplimiento de la norma de calidad de anhídrido sulfuroso a otra en donde la población esta expuesta a niveles del orden de un 100% por sobre lo permitido por dichas regulaciones, en el caso de la norma anual, entre los años 2000 y fines del 2002. Este porcentaje corresponde a la calidad de aire que se debiera observar en el campamento una vez que la Fundición emita lo señalado en el cronograma.

Los casos asociados a morbilidad que se han incluido para determinar el valor del impacto en salud son la admisión hospitalaria por causa respiratoria, la visita a salas de emergencia, los días de actividad restringida en adultos y la visita de niños al hospital por enfermedades respiratorias bajas. En estos casos se ha calculado la productividad perdida asociada al ausentismo laboral producto de la enfermedad propia o de los hijos, y los costos directos de tratamiento asociados a los casos mencionados.

También se ha estimado el aumento en el riesgo de mortalidad, que ha sido valorado como pérdida de productividad asociada a la muerte prematura resultante de problemas respiratorios causados por la contaminación.

Los costos calculados según estos métodos, están entre US\$ 928.374 y US\$ 165.417 con un valor medio de US\$ 387.499<sup>3</sup>, expresados en moneda de 1999 y como valor presente neto.

Para este cálculo se asumió que la población de Chuquicamata se ve expuesta a partir del año 2003 a niveles de SO<sub>2</sub> anual iguales o inferiores a la norma (80 ug/m<sup>3</sup>N) y que bajo este nivel no existe daño a la salud cuantificable.

---

<sup>3</sup> Valor del dólar de \$500.

Los valores y antecedentes empleados para el cálculo son los mismos utilizados en la evaluación del plan de descontaminación de Caletones, debidamente actualizados y adaptados.

La metodología empleada para valorar los costos en la salud representa sólo una cuantificación incompleta del verdadero daño que causa la contaminación a las poblaciones producto de la exposición al riesgo de mortalidad y morbilidad. Por lo tanto, no refleja todo el valor que las personas le asignan a evitar casos de enfermedad en ellos o familiares cercanos, ni otros costos como los de prevención o gastos defensivos.

#### *Beneficios para la División Chuquicamata de CODELCO Chile*

Los beneficios para la División Chuquicamata de CODELCO Chile corresponden a las reducciones de fusión evitadas para dar cumplimiento con las normas de calidad de aire a fines del año 1999.

En el año 1999 la fusión de concentrados en Chuquicamata fue de 1.739.100 toneladas. Esto resultó en una emisión de SO<sub>2</sub> de 202.400 toneladas en dicho periodo. Para estimar la reducción de fusión se sabe que la emisión que permitiría cumplir las normas de calidad de SO<sub>2</sub> es del orden de 56.600 toneladas/año, por lo cual la empresa debiera fundir no más allá de 486.329 toneladas por año, si asumimos una relación lineal entre emisión y concentrados que ingresan al proceso.

Esto significa que el presente anteproyecto estaría evitando que se deje de fundir 1.252.771 toneladas por año durante el año 2000 y hasta fines del 2002. Las inversiones programadas antes de la ejecución del presente plan señalan que se emitirá niveles de 56.600 ton/año desde el año 2003.

Dejar de fundir esta cantidad significa que la División no podrá vender la cantidad de cobre refinado al 99,98% resultante de dicho proceso, debiendo vender directamente el concentrado de más baja ley. Dejar de fundir significa pérdidas a la División y al país resultante de las menores utilidades de la venta de concentrados en relación con el producto de alta pureza que sale de la fundición.

La utilidad estimada que se deja de ganar al no fundir es de US\$0,20 por libra de cobre fino. Dado que hay 2.205 libras por tonelada, la pérdida por tonelada no fundida es de US\$441. Al valorar esto a precios sociales, el resultado es una pérdida para el país de US\$ 467,46 por tonelada de cobre no fundida.

El contenido de cobre en el concentrado es en promedio de 30,5%. Por lo tanto, las pérdidas anuales por menor fusión serán iguales al resultado de la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida anual por menor fusión (US\$/año)} = 30,5 (\%) * 1.252.771 (\text{ton/año}) * 467,46 (\text{US\$/ton})$$

$$\text{Pérdida anual por menor fusión (US\$/año)} = 178.614.201$$

En términos de valor presente, la pérdida evitada por la aplicación del presente Plan durante un periodo de tres años de reducción de fusión alcanza US\$ 474,1 millones.

## **7. VALOR FINAL DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS CALCULADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El valor actual neto calculado del Plan para el conjunto de actores y considerando todos los ítemes señalados anteriormente, fluctúa en torno a los US\$473,5 millones. Los ordenes de magnitud de los beneficios en pérdidas económicas evitadas son significativamente mayores a los de los daños en salud expresados monetariamente.

Es importante señalar que los beneficios recaen directamente sobre la División Chuquicamata de CODELCO Chile, y a través de ésta al Estado chileno, dado su carácter de empresa pública. Por su parte, los daños en salud recaen sobre las 15.000 personas que viven en el campamento de Chuquicamata, de las cuales 8.000 son niños. Los niveles a los cuales se verá expuesta la población es del orden del doble del valor de la norma, en términos de promedio anual.

Esta gran diferencia entre beneficios percibidos por la División Chuquicamata y los daños que caen sobre la población permite sugerir el fortalecimiento de las medidas de protección de la salud de la población, garantizando de este modo, que si bien seguirán expuestas por cerca de tres años a niveles por sobre la norma, los efectos efectivamente se minimizen.

La condición de campamento y el hecho que la mayoría de la población viva y trabaje directa o indirectamente vinculada a la División Chuquicamata permite concluir que eventuales medidas adicionales de protección de la salud debieran tener mayores probabilidades de éxito que las que se implementan en poblaciones sobre las cuales no se tiene un vínculo como el observado en Chuquicamata.

Se puede concluir que el plan desde un punto de vista económico es plenamente justificable, y dado que los beneficios son percibidos por un organismo propietario del área es plausible la exigencia de medidas, que a modo de compensación, busquen minimizar aún más los efectos sobre la población, en particular los grupos más sensibles.

## **ANEXO**

### **DETALLE DEL CÁLCULO DE COSTOS EN SALUD POR SO<sub>2</sub>**

1. En este ejercicio, por simplicidad y ausencia de mejor información de la zona, se ha empleado la misma metodología utilizada en la evaluación del plan de Caletones en 1996. Para más detalles sobre esta metodología referirse al Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación de Caletones y a la Consultoría “Estudio para la generación de información de soporte económico necesaria para la elaboración del plan de descontaminación de Caletones”, esta última realizada para CONAMA por la Consultora SGA.
2. El ejercicio separa por población ocupacional (trabajadores de CODELCO) y población (el resto de las personas). Estas distinciones se hacen porque se ha supuesto que estos dos grupos tienen diferencias en la mortalidad cruda y en el nivel de salario.
3. Los casos evitados en las planillas y los valores de beneficios tienen signo negativo, reflejando que el plan genera nuevos casos y costos en las poblaciones.
4. Se ha asimilado los salarios y la mortalidad cruda de la población empleada de CODELCO a lo del campamento Sewell, actualizando a una tasa de un 3% anual. La mortalidad cruda del resto de la población corresponde a la de la población de Rancagua. Los salarios del resto de la población corresponden a los precios sociales de la mano de obra, según categorías.
5. Las planillas siguientes muestran los cálculos realizados.