



**INFORME DE SEGUIMIENTO
PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS
1993-2008**

Informe Marzo de 2009

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe, tiene por objeto entregar la información respecto al seguimiento del cumplimiento del Plan de Descontaminación del Complejo Industrial las Ventanas, periodo 1999-2008, conforme a la evaluación anual del mismo, por parte de la comisión conjunta SAG-Salud.

Mediante D.S N° 252/92 del Ministerio de Minería, se aprueba el Plan de Descontaminación Ventanas propuesto simultáneamente por la Empresa Nacional de Minería ENAMI (Fundición y Refinería Las Ventanas) y la Planta Termoeléctrica CHILGENER. Este decreto, fijó un cronograma de reducción de emisiones de SO₂ y MP₁₀, estableciendo metas de emisión de Azufre hasta el año 1998 y de material particulado hasta el año 1999, con la finalidad de dar cumplimiento a las normas de calidad del aire vigentes para los contaminantes Material Particulado Respirable (y MP₁₀) y Anhídrido Sulfuroso (SO₂).

Por otra parte, el D.S. N°185/91 del Ministerio de Minería estableció que se instalara una red de monitoreo permanente de calidad del aire en la zona circundante al Complejo Industrial de Ventanas. Debido a que las concentraciones monitoreadas por dicha red alcanzaron niveles por sobre la norma establecida por el D.S. N°185/91, se declara la zona como saturada por material particulado respirable (MP₁₀) y dióxido de azufre (SO₂) el año 1994.

La evaluación a la que ha sido sujeto este instrumento de gestión por parte de las entidades fiscalizadoras; Servicio Agrícola y Ganadero y Secretaría Regional Ministerial de Salud Región Valparaíso, concluyen que el plan si bien ha dado cumplimiento a las metas de emisión establecidas en el D.S 252/92, las estaciones que comprenden la red de monitoreo Las Ventanas han sufrido un cambio negativo respecto de la evaluación 2007, considerando que tanto la estación Los Maitenes y la Estación Sur registraron niveles de latencia para la Norma Diaria de Anhídrido sulfuroso mientras que la estación La Greda, continua registrando latencia para la Norma de Material Particulado anual, alcanzando un 93% de la misma.

Del análisis de los monitoreos de la Red Ventanas comprendidos entre el periodo 1993-2008, se observa lo siguiente:

Normas Primarias

- Norma primaria de SO₂ diaria (D.S.N°113/02): En todas las estaciones de la red se observan niveles bajo saturación a partir del año 2003, y bajo latencia en el periodo 2004-2007. Sin embargo durante el año 2008 se registra nivel de latencia en dos estaciones de la red.
- Norma primaria de SO₂ Anual (D.S.N°113/02): Se observan niveles bajo saturación a partir del año 2000 y bajo latencia a partir del año 2002 en adelante.
- Norma primaria de MP₁₀ diaria (D.S.N°59/ 98): Se observa niveles bajo saturación a partir del año 2000 para todas las estaciones de la red. A partir del año 2003 se observan valores bajo el nivel de latencia. La excepción de lo anterior se manifiesta en la estación La Greda, la cual durante el año 2006 registró valores sobre el nivel de latencia mientras que durante el periodo 2007-2008, esta condición cambia a niveles bajo la latencia.
- Norma primaria Anual de MP₁₀ (D.S.N°45/01): Se observan niveles bajo saturación a partir del año 2002, sin embargo se mantienen niveles de latencia en la estación La Greda, alcanzando en el año 2008, niveles cercanos a la saturación.

Normas Secundarias

Respecto de la norma de calidad de aire secundaria, se observa un incumplimiento de la norma horaria de SO₂. Desde el año 1993 al 2006, las concentraciones registradas se encuentran sobre el nivel de saturación.

Atendiendo a los antecedentes expuestos en esta evaluación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Dar origen a la reformulación del plan de descontaminación en virtud del escenario actual en materia de calidad del aire en la zona, donde se registra el cumplimiento del cronograma de reducción de emisiones de Anhídrido Sulfuroso (SO₂) y Material Particulado (MP₁₀) para las empresas contempladas en el plan, y el empeoramiento paulatino de la calidad del aire durante los últimos 4 años.
- No modificar la condición de la zona establecida por el D.S. N°346/94, hasta no haber realizado la actualización del Plan de Descontaminación de Ventanas planteada en el punto anterior, en donde deberán quedar establecidos los nuevos límites de emisión asociados tanto a las fuentes que han sido parte del Plan, como a otras fuentes establecidas en la zona no consideradas en éste. Así mismo se deberán establecer los mecanismos de ingreso para fuentes nuevas y la incorporación el monitoreo y/o análisis de metales pesados y arsénico contenidas en el material particulado (análisis receptor).
- En virtud de que aun se registran excedencias horarias, y considerando que aun está vigente el D.S. N°185/91, se debe continuar con el Plan de Acción Operacional Ante Episodios Críticos aprobado por la Autoridad Sanitaria según Resolución N° 2161/95 del 18/07/1995.

**INFORME DE SEGUIMIENTO
PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS
1999-2008**

Informe Marzo de 2008

INDICE GENERAL

| | | |
|----|---|----|
| 1. | ANTECEDENTES GENERALES..... | 1 |
| 2. | ANTECEDENTES DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN..... | 1 |
| | 2.1 CRONOGRAMA DE REDUCCION DE EMISIONES DE AZUFRE..... | 2 |
| | 2.2 CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO..... | 3 |
| | 2.3 PLAN DE ACCIÓN DE OPERACIÓN ANTE EPISODIOS CRITICOS..... | 3 |
| | 2.4 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES..... | 4 |
| | 2.4.1 CODELCO División Ventanas..... | 4 |
| | 2.4.2 AES GENER S.A..... | 5 |
| 3 | EMISIONES..... | 6 |
| | 3.1 META Y CUMPLIMIENTO EN LAS EMISIONES..... | 6 |
| | 3.1.1 REDUCCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO..... | 6 |
| | 3.1.2 REDUCCIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE..... | 6 |
| | 3.2 CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE EMISIONES..... | 9 |
| | 3.2.1 Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado ENAMI..... | 9 |
| | 3.2.2 Cumplimiento de Emisiones de SO ₂ CODELCO..... | 10 |
| | 3.2.3 Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A..... | 12 |
| | 3.2.4 Cumplimiento de Emisiones de SO ₂ AES GENER S.A..... | 13 |
| 4 | EMISIONES..... | 16 |
| | 4.1 REDES DE MONITOREO..... | 16 |
| | 4.2 NORMATIVA DE CALIDAD DE AIRE VIGENTE..... | 16 |
| | 4.2.1 Normativa de SO ₂ | 16 |
| | 4.2.2 Normativa de MP ₁₀ | 18 |
| | 4.2.3 Análisis General de Calidad del Aire en Red Ventanas..... | 19 |
| | 4.2.3.1 Cumplimiento de Normas Primarias Vigentes..... | 19 |
| | 4.2.3.2 Cumplimiento de Normas Secundaria..... | 21 |
| | 4.3 Análisis por Estaciones de la Calidad del Aire..... | 22 |
| | 4.3.1 Normas Primarias de Calidad del Aire..... | 22 |
| | 4.3.1.1 Concentraciones de MP ₁₀ | 23 |
| | 4.3.1.2 Concentraciones de SO ₂ Norma Primaria..... | 27 |
| | 4.3.1.3 Análisis de Tendencia por Estación de las Normas primarias periodo 2000 -2008..... | 31 |
| | 4.3.2 Norma Secundaria de Calidad del Aire..... | 33 |
| 5 | EPISODIOS CRITICOS O NIVELES DE EMERGENCIA..... | 37 |
| 6 | CONCLUSIONES..... | 39 |
| | 6.1 METAS DE EMISIÓN..... | 39 |
| | 6.2 NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE..... | 39 |
| | 6.2.1 Norma de Primaria de MP ₁₀ | 39 |
| | 6.2.2 Norma de Primaria de SO ₂ | 39 |
| | 6.3 NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DEL AIRE..... | 40 |
| 7 | RECOMENDACIONES..... | 41 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2-1. Exigencias de emisión de Azufre, D.S. 252/92 Ministerio de Minería | 2 |
| Tabla 2-2. Exigencias de emisión de Material Particulado, DS 252/92 Ministerio de Minería..... | 3 |
| Tabla 2-3 Inversiones realizadas por ENAMI para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación .. | 4 |
| Tabla 2-4 Inversiones realizadas por AES GENER S.A. para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación..... | 5 |
| Tabla 3-1 Evolución de emisiones de AES GENER S.A. y CODELCO División Ventanas..... | 7 |
| Tabla 3-2 Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas..... | 9 |
| Tabla 3-3 Emisiones de Azufre y SO ₂ de CODELCO División Ventanas v/s Meta de Emisión..... | 11 |
| Tabla 3-4 Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. | 12 |
| Tabla 3-5 Cumplimiento de Norma de Emisión por AES GENER S.A. | 14 |
| Tabla 3-6 Emisiones de SO ₂ v/s Generación de AES GENER S.A..... | 14 |
| Tabla 4-1 Norma de Calidad del Aire para SO ₂ establecida por el D.S. N°185/91..... | 17 |
| Tabla 4-2 Normas de Calidad de Aire de SO ₂ Vigentes Contenidas en el D.S. 113/02 y D.S. 185/91. | 17 |
| Tabla 4-3 Norma de Calidad de Aire para MP ₁₀ establecida por D.S. N°185/91..... | 18 |
| Tabla 4-4 Norma de Calidad de Aire para MP ₁₀ establecida por D.S. N°59/98 y D.S. N°45/01..... | 18 |
| Tabla 4-5 Máximo Nivel de Normativa Primaria D.S 113/02, D.S 59/98, y D.S 45/01 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma)..... | 19 |
| Tabla 4-6 Nivel de Normativa Secundaria D.S 185/91 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma) | 21 |
| Tabla 4-7 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP ₁₀ Estación Puchuncaví..... | 23 |
| Tabla 4-8 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP ₁₀ | 24 |
| Tabla 4-9 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP ₁₀ Estación Valle Alegre | 24 |
| Tabla 4-10 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP ₁₀ Estación Sur..... | 25 |
| Tabla 4-11 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP ₁₀ Estación Los Maitenes..... | 25 |
| Tabla 4-12 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO ₂ Estación Puchuncaví..... | 27 |
| Tabla 4-13 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO ₂ Estación La Greda | 27 |
| Tabla 4-14 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO ₂ Estación Valle Alegre..... | 28 |
| Tabla 4-15 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO ₂ Estación Sur | 28 |
| Tabla 4-16 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO ₂ Estación Los Maitenes..... | 29 |
| Tabla 4-17 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO ₂ Estación Puchuncavi | 34 |
| Tabla 4-18 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO ₂ Estación La Greda | 34 |
| Tabla 4-19 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO ₂ Estación Valle Alegre..... | 35 |
| Tabla 4-20 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO ₂ Estación Sur | 35 |
| Tabla 4-21 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO ₂ Estación Los Maitenes | 36 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 3 1 Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. y ENAMI Fundición Ventanas... | 7 |
| Gráfico 3 2 Emisiones de SO ₂ AES GENER S.A. y ENAMI Fundición Ventanas..... | 8 |
| Gráfico 3 3 Emisiones Totales de AES GENER S.A y CODELCO Ventanas..... | 8 |
| Gráfico 3 4 Emisiones de Material Particulado CODELCO Ventanas..... | 10 |
| Gráfico 3 5 Emisiones de Azufre CODELCO Ventanas..... | 11 |
| Gráfico 3 6 Emisiones de Material Particulado de AES GENER S.A..... | 13 |
| Gráfico 3 7 Emisiones de SO ₂ de AES GENER S.A..... | 15 |
| Gráfico 4 1 Máximo Porcentaje de Norma Primaria de Calidad del Aire Registrado en la Red Ventanas (D.S. 113/02, D.S 59/98, D.S 45/01)..... | 20 |
| Gráfico 4 2 Máximo Porcentaje de Norma Secundaria Anual y Diaria de Calidad del Aire Registrada en la Red Ventanas..... | 21 |
| Gráfico 4 3 Número Total de Excedencias de Norma Horaria Secundaria de SO ₂ Registradas en Red Ventanas (D.S. 185/91)..... | 22 |
| Gráfico 4 4 Red Ventanas MP ₁₀ Norma Primaria Diaria..... | 26 |
| Gráfico 4 5 Red Ventanas MP ₁₀ Norma Primaria Anual..... | 26 |
| Gráfico 4 6 Cumplimiento de Norma Primaria Anual SO ₂ Red Ventanas..... | 30 |
| Gráfico 4 7 Cumplimiento de Norma Primaria Diaria de SO ₂ Red Ventanas..... | 30 |
| Gráfico 4 8 Tendencia Normas Primarias Periodo 2000-2008 Estación Puchuncaví..... | 31 |
| Gráfico 4 9 Tendencia Normas Primarias Periodo 2000-2008 Estación La Greda..... | 31 |
| Gráfico 4 10 Tendencia Normas Primarias Periodo 2000-2008 Estación Valle Alegre..... | 32 |
| Gráfico 4 11 Tendencia Normas Primarias Periodo 2000-2008 Estación Sur..... | 32 |
| Gráfico 4 12 Tendencia Normas Primarias Periodo 2000-2008 Estación Los Maitenes..... | 33 |

ANEXO

I. MAPA ZONA SATURADA Y CUMPLIENTO DE NORMATIVA ESTACIONES RED VENTANAS, 2008

1. ANTECEDENTES GENERALES

La declaración de zona saturada de Ventanas, fue establecida mediante Decreto Supremo N° 346/93 del Ministerio de Agricultura, en virtud que tanto el entonces Servicio de Salud Viña del Mar y el Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Valparaíso, verificaron la superación de las normas de calidad del aire previstas en el artículo 9° del D.S 185/91.

Debido a las excedencias a las normas de calidad de aire, el Ministerio de Agricultura mediante el D.S. N° 346/93 (D.O.03.02.94) declara en su artículo único lo siguiente; "Declarase zona saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable la zona circundante al Complejo Industrial Ventanas, en las áreas jurisdiccionales de las comunas de Puchuncavi y Quintero, de acuerdo a los siguientes límites:

NORTE: Océano Pacífico a la latitud de la desembocadura del Estero Catapilco, continuando por el este curso hasta su confluencia con el Estero La Calera, y tomando este curso hasta su nacimiento en la cumbre del Alto del Agua el Peumo.

ORIENTE: Desde la cumbre del Alto del Agua del Peumo, siguiendo por la divisoria de las aguas hasta el cerro Pucalán, continuando en línea rehecha hasta la cumbre del Cerro Piedra Trepada, de ésta en línea recta hasta la cumbre del Cerro Colorado.

SUR: Desde la cumbre del Cerro Colorado en línea recta hasta la intersección del canal Mauco con el Estero Mantagua, siguiendo por este hasta su desembocadura.

PONIENTE: La línea de la costa del Océano Pacífico que va desde la desembocadura del Estero Mantagua por el Sur, a la desembocadura del Estero Catapilco por el Norte." (ver mapa Anexo I).

Posteriormente el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota aprobó por Resolución N° 2161, del 18 de Julio de 1995, el Plan de Acción Operacional ante episodios críticos por anhídrido sulfuroso, presentado por la Fundición y Refinería Ventanas de ENAMI.

Por otra parte y de acuerdo a lo establecido en el artículo 4° transitorio del D.S.N° 185/91 (D.O. 02.01.92), el Complejo Industrial Ventanas, constituido por la Fundición y Refinería de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), actual CODELCO División Ventanas y la Central Termoeléctrica de CHILGENER S.A., actual AES GENER S.A., presentaron un Proyecto de red de monitoreo continuo para medir la concentración de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable en la zona circundante al complejo industrial.

El proyecto de red de monitoreo fue aprobado por Resolución Conjunta N° 2005/115 del 29 de Abril de 1992, del Servicio de Salud de Viña del Mar- Quillota y Servicio Agrícola y Ganadero V Región respectivamente, la que fue modificada posteriormente por las Resoluciones N° 3474/206, del 23.de Julio de 1992, y N° 1927/197, del 28 de Mayo de 1993.

En cumplimiento con el artículo 4° transitorio del D.S. 185/91, las empresas presentaron un Plan de Descontaminación, el que fue aprobado por el D.S. N° 252/92 (D.O. 02.03.93), del Ministerio de Minería suscrito por los Ministerios de Hacienda, Salud, Agricultura y Economía.

2. ANTECEDENTES DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN

Con fecha 30 de septiembre de 1992 el Ministerio de Minería promulga el Decreto Supremo N°252/92 que "Aprueba el Plan de Descontaminación del Complejo Industrial las Ventanas Propuesto Conjuntamente por la Empresa Nacional de Minería ENAMI, Fundición y Refinería las Ventanas¹ y la Planta Termoeléctrica CHILGENER S.A.²". En este decreto se establece para ambas empresas la obligación de cumplir con las normas de Calidad del Aire vigentes para los contaminantes Material Particulado Respirable (MP₁₀) y Anhídrido

¹ Actual CODELCO División Ventanas

² Actualmente AES GENER S.A.

Sulfuroso (SO₂) a más tardar el 1° de Enero de 1995 para MP₁₀ y 30 de Junio de 1999 para SO₂. Estableciendo además metas de reducción de emisiones para azufre¹ y MP₁₀.

2.1 CRONOGRAMA DE REDUCCION DE EMISIONES DE AZUFRE

El Decreto Supremo N°252/92 estableció la exigencia de reducción de azufre como elemento formador de SO₂, a partir del 01 de marzo de 1993. A ENAMI Ventanas se le exigió un cronograma de reducción de emisiones mientras que a CHILGENER se le exigió una norma de emisión en función de la energía generada. El cronograma de reducción exigido a ENAMI Ventanas, así como las exigencias a CHILGENER se muestran en la Tabla 2-1 . La verificación del cumplimiento de las emisiones de SO₂ es realizada por ENAMI a través de balance de masa, mientras que AES GENER (Ex CHILGENER) las estima a partir de la información capturada por un monitor continuo.

Tabla 2-1.
Exigencias de emisión de Azufre, D.S. 252/92 Ministerio de Minería

| Año | Emisiones | | | CHILGENER Anhídrido Sulfuroso |
|------|---------------------------------|-------------------|----------|--|
| | ENAMI VENTANAS Azufre | | Ton/día* | |
| | Ton/año como SO ₂ | Ton/año azufre | | |
| 1993 | 124.000 | 62.000 | 170 | Se deberá cumplir con la norma de emisión de: 1,13 Kg de SO ₂ por millón de BTU |
| 1994 | 124.000 | 62.000 | 170 | |
| 1995 | 124.000 | 62.000 | 170 | |
| 1996 | 124.000 | 62.000 | 170 | |
| 1997 | 124.000 | 62.000 | 170 | |
| 1998 | 90.000 | 45.000 | 123 | |

*Los valores diarios se han calculado dividiendo la emisión anual por 365 días y no representan limitación a las emisiones diarias.

¹ En un proceso térmico en que participen combustibles o materias primas con azufre, se emite SO₂ en una proporción en peso de 2 es a uno, es decir, por cada tonelada de azufre que participe en la reacción se incorporan a la atmósfera 2 toneladas de SO₂.

2.2 CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

El Decreto Supremo Nº252/92 estableció la reducción de las emisiones de material particulado según el cronograma que se muestra en la Tabla 2-2. Exigiéndose que ENAMI cumpliera con la meta de emisión de 1000 Ton/año de material particulado al 1º de Enero de 1999 y CHILGENER con la emisión de 3000 Ton/año al 1º de Enero de 1995. La verificación del cumplimiento de las emisiones de material particulado es realizada por ENAMI a través de muestreo isocinético en chimenea, mientras que AES GENER (Ex CHILGENER) las estima a partir de la información capturada por un monitor continuo.

Tabla 2-2.
Exigencias de emisión de Material Particulado, DS 252/92 Ministerio de Minería

| Año | Emisiones | | | |
|------|----------------|----------|-----------|----------|
| | ENAMI VENTANAS | | CHILGENER | |
| | Ton/año | Ton/día* | Ton/año | Ton/día* |
| 1993 | 3.400 | 9,3 | 26.000 | 71,3 |
| 1994 | 3.400 | 9,3 | 26.000 | 71,3 |
| 1995 | 3.400 | 9,3 | 3.000 | 8,2 |
| 1996 | 3.400 | 9,3 | 3.000 | 8,2 |
| 1997 | 3.400 | 9,3 | 3.000 | 8,2 |
| 1998 | 2.000 | 5,5 | 3.000 | 8,2 |
| 1999 | 1.000 | 2,7 | 3.000 | 8,2 |

*Los valores diarios se han calculado dividiendo la emisión anual por 365 días y no representan una limitación a las emisiones diarias.

2.3 PLAN DE ACCIÓN DE OPERACIÓN ANTE EPISODIOS CRITICOS

Decreto Supremo Nº252/92 estableció en su Artículo 6º que la Fundición y Refinería las Ventanas de ENAMI debía contar con un Plan de Acción Operacional aprobado por el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota. Desde el año 1995 ENAMI cuenta con un Plan de Acción Operacional Ante Episodios Críticos, el cual fue aprobado por Resolución Nº 2161/95 del 18 de Julio de 1995 del Servicio de Salud Viña del Mar Quillota. Este Plan Operacional incluye la detención de los hornos convertidores que no están conectados a la planta de ácido. La acción se toma cuando cualquier monitor de SO₂ detecta una concentración promedio minuto de 1500 µg/m³, siendo ésta menor al nivel de concentración horaria para decretar la alerta, es decir 1962 µg/m³.

Desde 1996 la Fundición y Refinería Ventanas cuenta con una Unidad de Meteorología, integrada por un equipo de meteorólogos profesionales encargados de realizar pronósticos de dispersión de contaminantes para prevenir episodios críticos de contaminación. Para tal efecto, se utiliza software específico de dispersión de contaminantes, alimentado por datos entregados por instrumental meteorológico. Los pronósticos han sido utilizados para apoyar el plan operacional de episodios críticos, asociados a la norma primaria de calidad de aire desde el año 1999. Desde 1997 se han desarrollado procedimientos operativos integrados en el Sistema de Gestión Ambiental para el control de emisiones atmosféricas.

Desde 1993 se han tomado 3.768 acciones operacionales, tanto en el horno reverbero de fusión de cobre, retirado en febrero de 1998, como en el Convertidor Teniente que lo reemplazó. Estas detenciones han significado una pérdida de fusión de carga útil de 64.134 Ton Métricas Secas (TMS).

2.4 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES

2.4.1 CODELCO División Ventanas

Las acciones a cumplir por parte de la Fundición Ventanas se definieron en el "Plan de Descontaminación Complejo Industrial de Ventanas" aprobado por el D.S. N° 252/92 (D.O. 02.03.93). El cronograma de implementación de dichas acciones quedó sujeto a dar cumplimiento al cronograma de emisiones establecido por el mismo decreto.

En la Tabla 2-3 se muestran las inversiones realizadas, su costo y la reducción de emisiones aproximada asociada a cada una de ellas. La implementación de dicha acciones se basó en una modificación importante del proceso de producción, así como la implementación de sistemas de captación de emisiones de SO₂.

Las medidas implementadas significaron una reducción total de las emisiones de azufre de aproximadamente 43.551 Ton/año, representando una reducción de un 74% de las emisiones correspondientes al año 1996. La reducción aproximada de material particulado fue de aproximadamente 3.203 Ton/año, representando una reducción de un 96% de las emisiones correspondientes al año 1996.

La implementación de las medidas se realizó a tiempo para dar estricto cumplimiento con el cronograma de reducción de emisiones tanto de SO₂ como de Material Particulado establecido en el D.S. N° 252/92 (D.O. 02.03.93).

Tabla 2-3
Inversiones realizadas por ENAMI para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación

| Nº | Inversiones | Costo \$US | Fecha de Implementación | | Reducción ^{1,2} Emisiones Azufre | Reducción ^{1,2} Emisiones Partículas |
|----|--|-------------------|-------------------------|-----------|---|---|
| | | | Año | Mes | Ton/año | Ton/año |
| 1 | Ampliación de Subestación Eléctrica N°2 | 1.130.085 | 1996 | Diciembre | - | - |
| 2 | Manejo de Gases de Convertidores | 12.187.800 | 1997 | Marzo | 36.257 | 2.097 |
| 3 | Instalación de Planta de Ácido | 11.182.205 | | Marzo | | |
| 4 | Secado, Transporte e Inyección de Concentrados | 10.242.648 | | Junio | | |
| 5 | Instalación de Horno Eléctrico | 12.788.356 | | Noviembre | | |
| 6 | Manejo de Gases de Horno Eléctrico | 3.280.808 | 1999 | Abril | 7.294 | 1.106 |
| 7 | Red de vapor, agua y combustible | 5.158.920 | - | - | - | - |
| | Total | 55.970.822 | | | 43.551 | 3.203 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ENAMI

1. Reducción año 1997, Cálculo aproximado a partir de emisiones año 1996 y 1998

2. Reducción año 1999, Cálculo aproximado a partir de emisiones año 1998 y 2000

2.4.2 AES GENER S.A.

En la Tabla 2-4 se muestran las inversiones realizadas por AES GENER S.A. para poder cumplir con los límites de emisión establecidos en el D.S. N°252/92. Las medidas implementadas consistieron básicamente en la instalación de dos precipitadores electrostáticos, así como en el uso de carbón con menor contenido de ceniza y azufre. La implementación de los precipitadores electrostáticos se realizó el 21 de febrero de 1995. La reducción de emisiones de partículas obtenida con las medidas aplicadas fue de aproximadamente 22.200 toneladas representando una reducción aproximada de un 95% con respecto a las emisiones del año 1994. La empresa empezó a cumplir con las emisiones establecidas en el cronograma del D.S. N°252/92 a partir del año 1996.

Tabla 2-4
Inversiones realizadas por AES GENER S.A. para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación

| Nº | Inversión | US\$ |
|--------------|---|-------------------|
| 1 | Construcción de tres precipitadores electrostáticos | 15.000.000 |
| 2 | Adquisición de terrenos para vertedero de cenizas | 300.000 |
| 3 | Adquisición e instalación de monitores continuos en chimeneas | 750.000 |
| 4 | Paralización de la Central Ventanas por conexión de precipitadores | 1.950.000 |
| 5 | Construcción de la red de calidad del aire en conjunto con ENAMI | 500.000 |
| Total | | 18.500.000 |
| Nº | Acciones Operacionales | US\$/Año |
| 1 | Operación y mantención de precipitadores electrostáticos | 1.000.000 |
| 2 | Reducción del contenido de cenizas en el carbón de 20 % a sólo 10 % | 12.500.000 |
| 3 | Reducción del contenido de azufre en el carbón de 3% a sólo 1,4 % | 1.920.000 |
| 4 | Operación y manejo de ceniza en vertedero autorizado | 500.000 |
| 5 | Operación y mantención de monitores en chimeneas | 50.000 |
| 6 | Operación y mantención Red de Monitoreo en conjunto con ENAMI | 70.000 |
| Total | | 16.040.000 |

3 EMISIONES

3.1 META Y CUMPLIMIENTO EN LAS EMISIONES

En la Tabla 3-1 se presenta la evolución de las emisiones de la Central Termoeléctrica Ventanas de AES. GENER S.A. y de la Fundición CODELCO División Ventanas. En ella, se observa que históricamente la mayor participación en las emisiones de Material Particulado pertenece a AES GENER S.A. No obstante, se puede apreciar también que a partir del año 2005, los niveles de emisión de ambas instalaciones son prácticamente las mismas.

Por otra parte, la empresa Codelco Fundición Ventanas; es la que tiene la mayor participación en las emisiones de dióxido de azufre SO₂.

Los gráficos 3.-1 y 3-2, se muestra la evolución de las emisiones de material particulado y SO₂ respectivamente, entre los años 1994 al 2008.

Por otra parte, la figura 3-3 grafica las emisiones totales de dióxido de azufre SO₂ y Material particulado de ambas emisiones, entre los años 1994 al 2008. En dicho gráfico y de acuerdo a los antecedentes, se aprecia una tendencia positiva polinomial de las emisiones de material particulado.

3.1.1 REDUCCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

1994 a 1996: Observando las emisiones totales, se aprecia una significativa reducción de emisiones de material particulado (26.705 Ton/año a 3.870 Ton/año, respectivamente), lo que coincide con la plena operación de los precipitadores electrostáticos instalados por AES GENER S.A. en Febrero de 1995 y la disminución en el contenido de ceniza y azufre del carbón empleado en la central termoeléctrica.

1997-2008: Esta tendencia a la baja, se mantiene hasta el año 2003, mientras que del periodo 2004-2008, se ha experimentado fluctuaciones aumentando las emisiones en el año 2008 respecto del periodo 2006-2007. No obstante lo anterior, las emisiones de material particulado, solo alcanzan un 28% de la meta total (4.000 Ton/año).

3.1.2 REDUCCIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE

1994 a 1998: Respecto de la reducción de las emisiones de anhídrido sulfuroso (SO₂), entre 1996 y 1999 se produce una significativa disminución en las emisiones, desde 126.273 Ton/año a 41.251 Ton/año, coincidiendo con la implementación de la Planta de Ácido (lo que favorece indirectamente además, la captación de material particulado) e instalación del horno Eléctrico el año 1997, y el manejo de los gases del Horno Eléctrico el año 1999. A partir del año 2000 las emisiones se encuentran bajo las 40.000 Ton/año llegando en el año 2008 a 32.299 Ton anuales, lo que representa un 25,6 % de las emisiones del año 1996.

Tabla 3-1
Evolución de emisiones de AES GENER S.A. y CODELCO División Ventanas

| Año | Material Particulado | | Anhídrido Sulfuros (SO ₂) | | Emisión Total | |
|------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|
| | GENER Ton/año | CODELCO Ton/año | GENER(1) Ton/año | CODELCO Ton/año | Material Particulado Ton/año | SO ₂ Ton/año |
| 1993 | - | - | - | 117.298,00 | - | - |
| 1994 | 23.404 | 3.301 | - | 123.052,00 | 26.705 | - |
| 1995 | 8.330 | 2.746 | - | 118.436,00 | 11.076 | - |
| 1996 | 542 | 3.328 | 8.951 | 117.322,00 | 3.870 | 126.273 |
| 1997 | 464 | 1.616 | 10.020 | 85.378,00 | 2.080 | 95.398 |
| 1998 | 1.183 | 1.231 | 9.224 | 44.808,00 | 2.414 | 54.032 |
| 1999 | 1.277 | 305 | 10.529 | 30.732,00 | 1.582 | 41.261 |
| 2000 | 1.242 | 125 | 8.229 | 30.220,00 | 1.367 | 38.449 |
| 2001 | 685 | 127 | 2.767 | 31.910,00 | 812 | 34.677 |
| 2002 | 144 | 55 | 538 | 30.882,00 | 199 | 31.420 |
| 2003 | 425 | 92 | 2.774 | 24.352,00 | 517 | 27.126 |
| 2004 | 1.016 | 202 | 9.498 | 22.534,00 | 1.218 | 32.032 |
| 2005 | 606 | 414 | 5.869 | 31.496,00 | 1.020 | 37.365 |
| 2006 | 336 | 332 | 8.309 | 27.454,00 | 668 | 35.763 |
| 2007 | 444 | 452 | 11.820 | 23.014,00 | 896 | 34.834 |
| 2008 | 605 | 532 | 10.955 | 21.344,00 | 1.137 | 32.299 |

Fuente: AES GENER S.A. y ENAMI

(1) No se tienen datos de emisión antes del año 1996 pues los sensores de SO₂ en chimenea se instalaron en dicho año.

Gráfico 3-1
Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. y CODELCO Fundición Ventanas

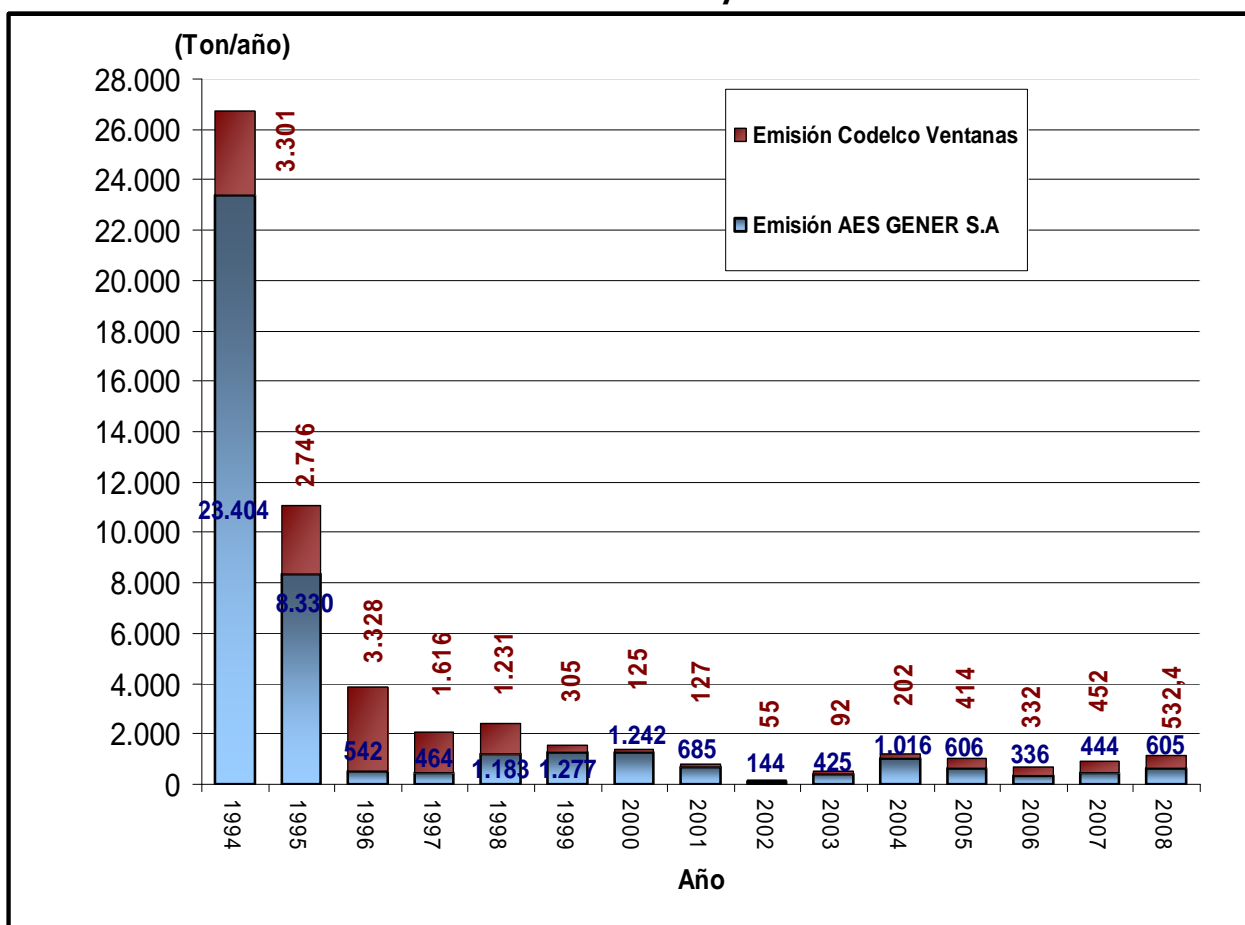


Gráfico 3-2
Emisiones de SO₂ AES GENER S.A. y CODELCO Fundición Ventanas

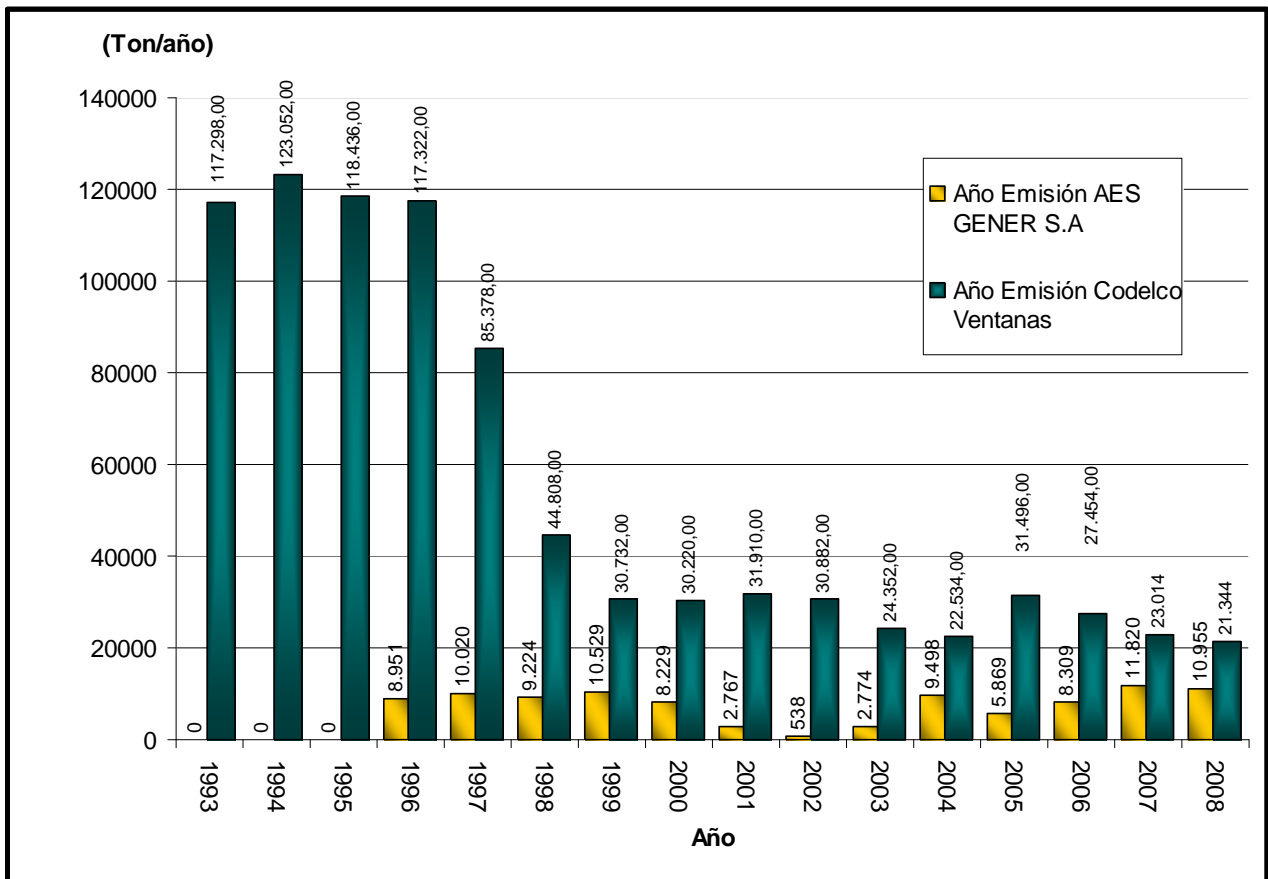
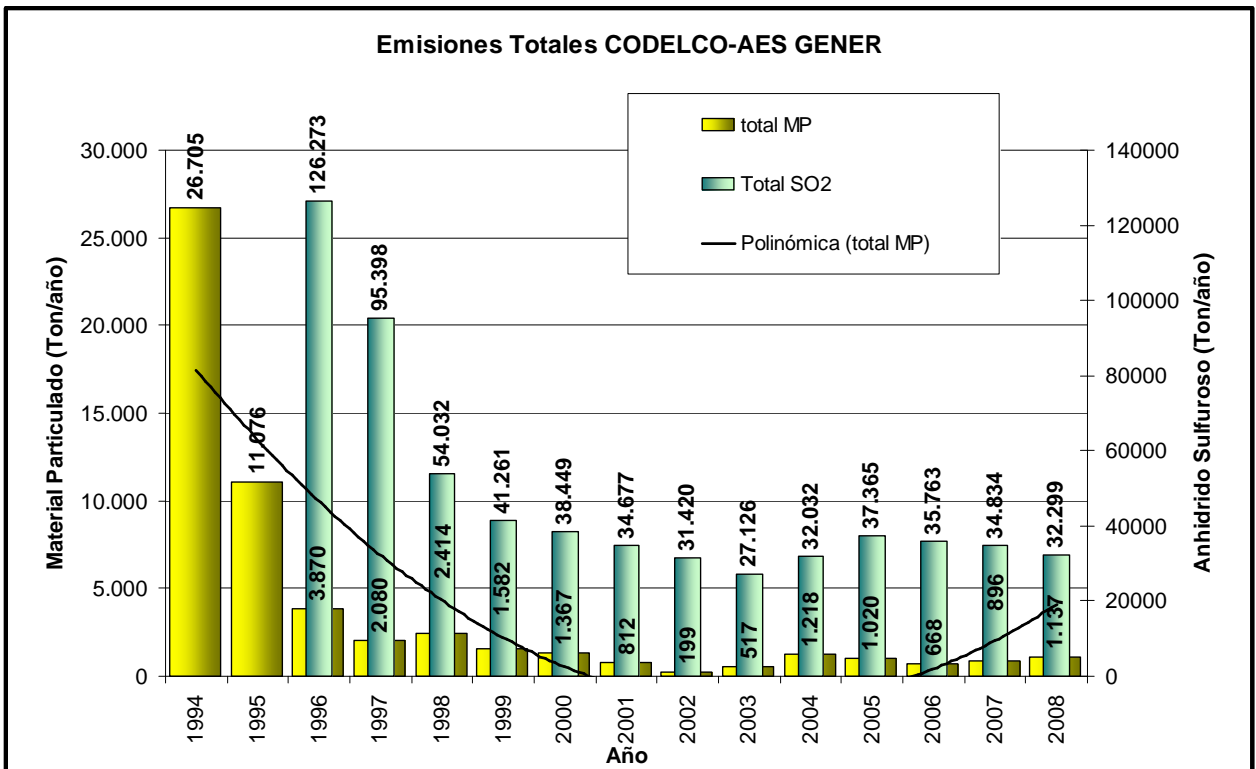


Gráfico 3-3
Emisiones Totales AES GENER S.A. y CODELCO Fundición Ventanas



3.2 CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE EMISIONES

3.2.1 Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado ENAMI

La meta de emisión a partir del año 1999 corresponde a 1.000 ton/año alcanzando para el año 2008, una emisión total del 532 Ton/año siendo este un 53.2% del valor de la norma.

Cabe señalar que los valores de emisión, son obtenidos a través de pruebas isocinéticas conforme a lo establecido en el Plan y los valores operacionales correspondientes a los informes metalúrgicos. Ambos informes, son emitidos a la Autoridad Sanitaria y al Servicio Agrícola y Ganadero.

Se debe señalar que estas mediciones, no consideran las emisiones fugitivas de MP₁₀.

Con relación a las pruebas isocinéticas del año 2008, Codelco no entrega el informe correspondiente al primer semestre, haciendo entrega de uno que abarca el periodo de Enero-Noviembre y otro correspondiente al mes de Diciembre.

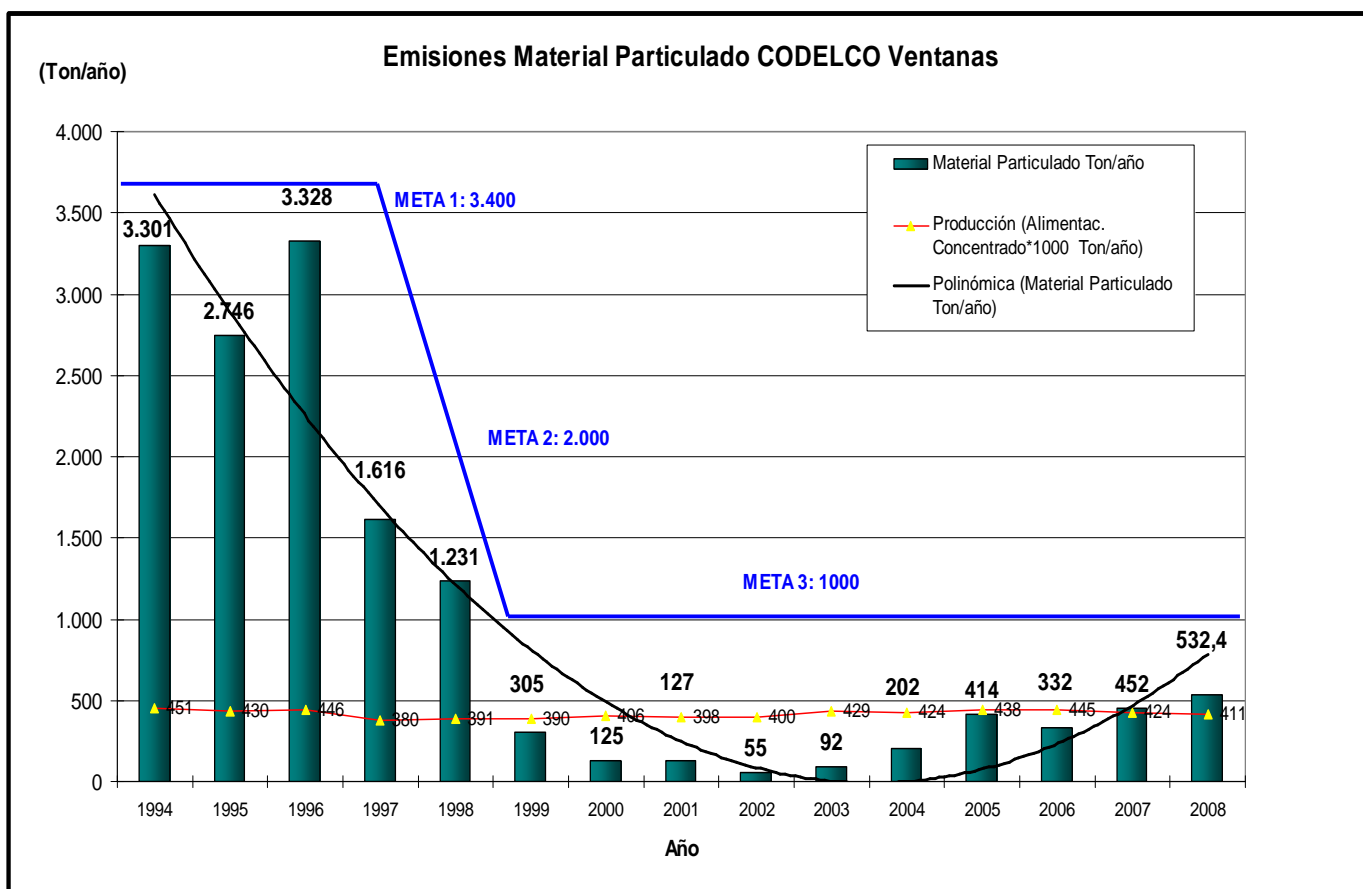
La División Ventanas ha cumplido con el plan de reducción de emisiones de material particulado a la atmósfera por chimenea. Sus emisiones a través del tiempo así como las metas de emisión pueden verse en la Tabla 3.2 y el Gráfico 3.4. En dicho gráfico, se puede apreciar una tendencia polinomial positiva para dichas emisiones marcada principalmente en los últimos cuatro años.

Tabla 3-2
Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas

| Año | Emisiones de Material Particulado | | | | |
|------|-----------------------------------|------------------------------|--------------|--------|--------------------------|
| | Capacidad de Fusión (Ton/año) | Material Particulado Ton/año | Meta Ton/año | % Meta | Información |
| 1994 | 450.825 | 3.301 | 3.400 | 97 | CIMM |
| 1995 | 429.629 | 2.746 | 3.400 | 81 | CIMM |
| 1996 | 446.452 | 3.328 | 3.400 | 98 | CIMM |
| 1997 | 380.108 | 1.616 | 3.400 | 48 | CIMM |
| 1998 | 390.788 | 1.231 | 2.000 | 62 | Proyecta Ingeniería |
| 1999 | 389.633 | 305 | 1.000 | 31 | Proyecta Ingeniería |
| 2000 | 406.332 | 125 | 1.000 | 13 | Proyecta Ingeniería |
| 2001 | 398.247 | 127 | 1.000 | 13 | Proyecta Ingeniería |
| 2002 | 400.039 | 55 | 1.000 | 6 | Proyecta Ingeniería |
| 2003 | 429.003 | 92 | 1.000 | 9 | Proyecta Ingeniería |
| 2004 | 424.255 | 202 | 1.000 | 20 | Proyecta Ingeniería/CIMM |
| 2005 | 437.997 | 414 | 1.000 | 41 | CIMM |
| 2006 | 445.077 | 332 | 1.000 | 33 | CIMM |
| 2007 | 424.173 | 452 | 1.000 | 45 | CIMM |
| 2008 | 410.880 | 532 | 1.000 | 53 | CIMM |

1. Información Base: Informes de Monitoreos isocinéticos de MP₁₀ semestrales entregados a la Autoridad Sanitaria
2. Durante el año 2008, se calculó la emisión a noviembre del 2008 complementada a diciembre con un Segundo ciclo de mediciones.
3. Durante el año 2008, se ajusta capacidad de fusión a la capacidad de tratamiento planta ácido. (Informe contabilidad metalúrgica Diciembre 2008).

Gráfico 3-4
Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas



3.2.2 Cumplimiento de Emisiones de SO₂ CODELCO

La meta de emisión a partir del año 1998 corresponde a 45.000 ton/año de azufre (90.000 Ton/año de SO₂) alcanzando para el año 2008, una emisión total del 21.344 Ton/año de SO₂ siendo este un 23.7 % del valor de la norma.

Codelco Ventanas entrega mensualmente los informes de emisión de azufre los cuales son determinados por balances de masa. Dichos balances, no contemplan las emisiones fugitivas.

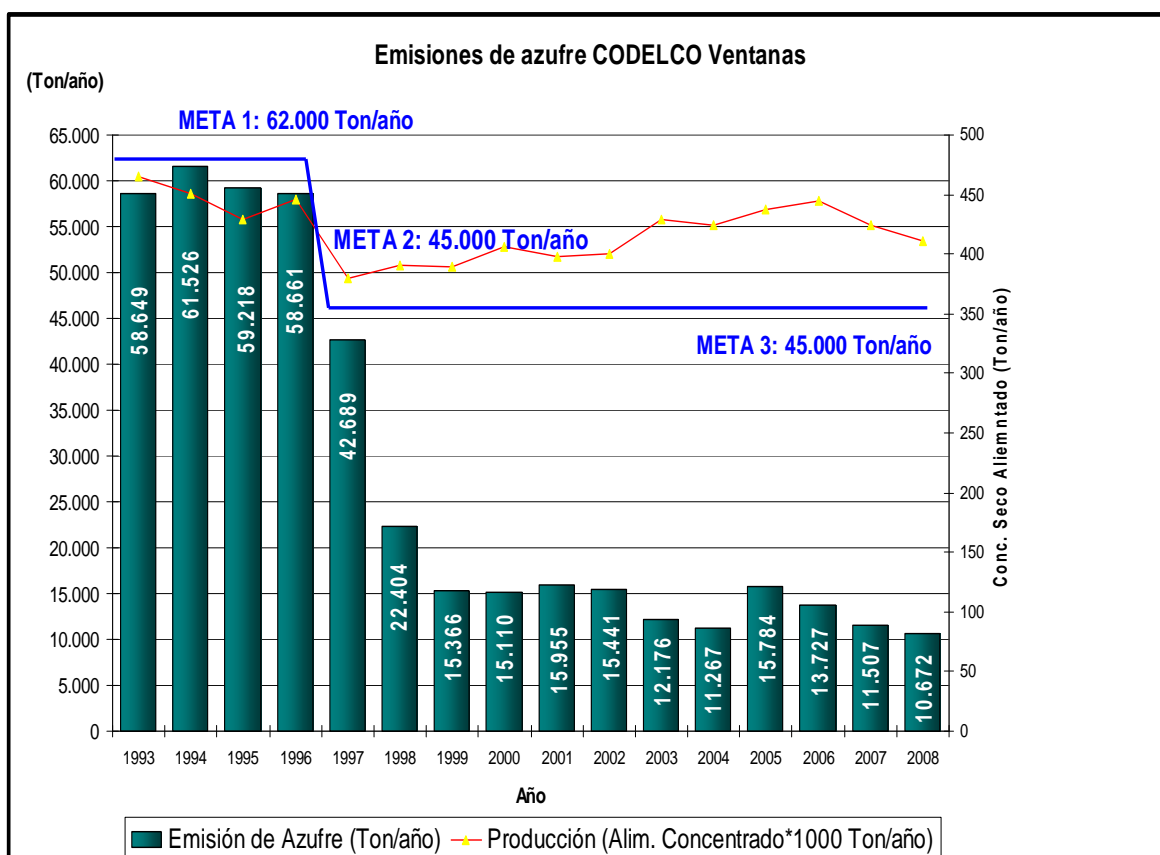
CODELCO División Ventanas, ha cumplido con el plan de reducción de azufre, y por lo tanto de emisiones de SO₂ a la atmósfera. Las emisiones de azufre a través del tiempo así como los límites de emisión pueden verse en la Tabla 3-3 y el Gráfico 3-5.

Tabla 3-3
Emisiones de Azufre y SO₂ de CODELCO División Ventanas v/s Meta de Emisión

| Año | Producción | Emisiones de Azufre | | | Emisiones de SO ₂ | |
|------|----------------------------|------------------------|---------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------|
| | Concentrado Seco (Ton/año) | Emisión Azufre Ton/año | Meta Azufre Ton/año | % Meta Azufre | Emisión SO ₂ Ton/año | Meta SO ₂ Ton/año |
| 1993 | 464.656 | 58.649 | 62.000 | 95 | 117.298 | 124.000 |
| 1994 | 450.825 | 61.526 | 62.000 | 99 | 123.052 | 124.000 |
| 1995 | 429.629 | 59.218 | 62.000 | 96 | 118.436 | 124.000 |
| 1996 | 446.452 | 58.661 | 62.000 | 95 | 117.322 | 124.000 |
| 1997 | 380.108 | 42.689 | 62.000 | 69 | 85.378 | 124.000 |
| 1998 | 390.788 | 22.404 | 45.000 | 50 | 44.808 | 90.000 |
| 1999 | 389.633 | 15.366 | 45.000 | 34 | 30.732 | 90.000 |
| 2000 | 406.332 | 15.110 | 45.000 | 34 | 30.220 | 90.000 |
| 2001 | 398.247 | 15.955 | 45.000 | 35 | 31.910 | 90.000 |
| 2002 | 400.039 | 15.441 | 45.000 | 34 | 30.882 | 90.000 |
| 2003 | 429.003 | 12.176 | 45.000 | 27 | 24.352 | 90.000 |
| 2004 | 424.255 | 11.267 | 45.000 | 25 | 22.534 | 90.000 |
| 2005 | 437.997 | 15.784 | 45.000 | 35 | 31.496 | 90.000 |
| 2006 | 445.077 | 13.727 | 45.000 | 31 | 27.454 | 90.000 |
| 2007 | 424.173 | 11.507 | 45.000 | 26 | 23.014 | 90.000 |
| 2008 | 410.880 | 10.672 | 45.000 | 24 | 21.344 | 90.000 |

1. Información Base: Informes de Emisión mensual de Azufre y Arsénico entregados a la Autoridad Sanitaria
2. Estimaciones realizadas por Balance de Materia. Este balance, no considera el balance las emisiones fugitivas.

Gráfico 3-5
Emisiones de azufre CODELCO Ventanas



3.2.3 Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A.

La meta de emisión a partir del año 1999 corresponde a 3.000 ton/año alcanzando para el año 2008, una emisión total del 605 Ton/año siendo este un 20.1% el valor de la norma.

Cabe considerar que los valores de emisión son obtenidos a partir de mediciones continuas de flujo y concentración de Material particulado en los gases de salida de cada chimenea. La empresa informa mensualmente los registros de monitoreo.

AES GENER S.A en el año 2008, envió los informes correspondientes a los registros de monitoreos mensuales. Se observa para algunos días del mes de Mayo y Octubre, ciertas discrepancias entre los valores de emisión calculados y los gráficos de registro operacional. A pesar de un aumento de las emisiones respecto del año 2007 tendencia que se refleja a partir del año 2006, las emisiones de AES GENER, siguen bajo la meta definida.

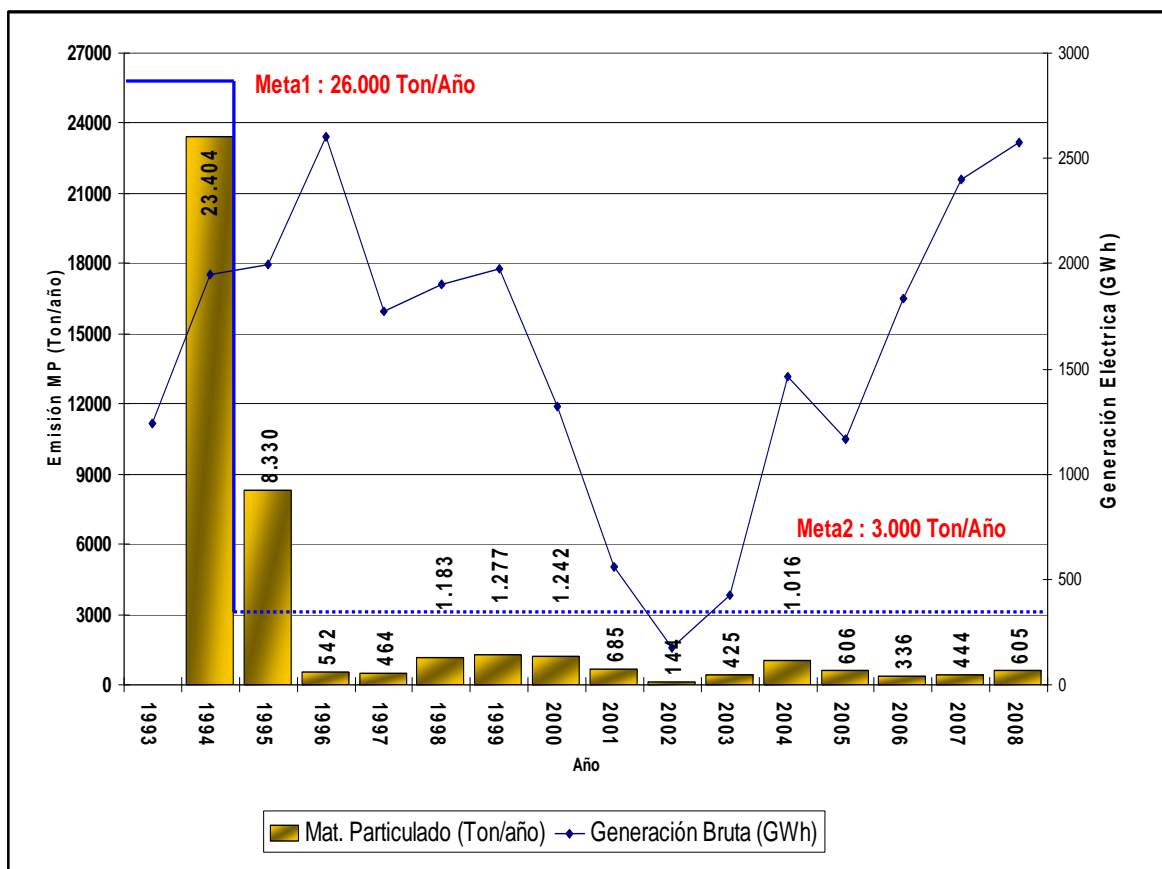
Las emisiones de Material Particulado a través del tiempo así como las cuotas de emisión pueden verse en la Tabla 3-4 y el gráfico 3-6.

Tabla 3-4
Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A.

| Año | Generación Bruta MWh | Material Part. Ton | Meta Anual Ton/año | % Meta |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| 1993 | 1.238.062 | | 26.000 | |
| 1994 | 1.946.187 | 23.404 | 26.000 | 90 |
| 1995 | 1.995.210 | 8.330 | 3.000 | 278 |
| 1996 | 2.601.345 | 542 | 3.000 | 18 |
| 1997 | 1.774.540 | 464 | 3.000 | 15 |
| 1998 | 1.902.893 | 1.183 | 3.000 | 39 |
| 1999 | 1.973.521 | 1.277 | 3.000 | 43 |
| 2000 | 1.319.186 | 1.242 | 3.000 | 41 |
| 2001 | 556.992 | 685 | 3.000 | 23 |
| 2002 | 176.278 | 144 | 3.000 | 5 |
| 2003 | 424.403 | 425 | 3.000 | 14 |
| 2004 | 1.464.321 | 1.016 | 3.000 | 34 |
| 2005 | 1.164.931 | 606 | 3.000 | 20 |
| 2006 | 1.835.916 | 336 | 3.000 | 11 |
| 2007 | 2.435.057 | 444 | 3.000 | 15 |
| 2008 | 2.575.312 | 605 | 3.000 | 20 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos AES GENER S.A.

Gráfico 3-6
Emisiones de Material Particulado de AES GENER S.A.



3.2.4 Cumplimiento de Emisiones de SO₂ AES GENER S.A.

La meta de emisión a partir del año 1993 1.13 Kg de SO₂ por Millón de BTU.

Cabe considerar que al igual que para el material particulado, los valores de emisión de SO₂, son obtenidos a partir de mediciones continuas de flujo y concentración de SO₂ en los gases de salida de cada chimenea y la energía del combustible en millones de BTU. La empresa informa mensualmente los registros de monitoreo.

AES GENER S.A en el año 2008, envió los informes correspondientes a los registros de monitoreos mensuales. Se observa para algunos días del mes de Mayo y Octubre, ciertas discrepancias entre los valores de emisión calculados y los gráficos de registro operacional. No obstante, las emisiones de AES GENER siguen bajo la meta definida generándose 4 excedencias a la norma de 1.13 Kg de SO₂ por Millón de BTU.

Como se puede observar en la Tabla 3-5, desde el año 2000 A.E.S GENER S.A. no ha excedido el valor de emisión de 1,13 (Kg de SO₂ por millones de BTU) establecida por el D.S. Nº 252/92. Cabe señalar que esta emisión, es calculada por unidad.

Tabla 3-5
Cumplimiento de Norma de Emisión por AES GENER S.A.

| Año | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Promedio Anual (Kg SO ₂ /millón de BTU) | - | 0,36 | 0,48 | 0,41 | 0,6 | 0,51 | 0,48 | 0,61 | 0,56 | 0,38 | 0,70 | 0,70 | 0,54 | 0,49 | 0,52 | 0,47 |
| Valor Máx. Diario (Kg SO ₂ /millón de BTU) | - | 1,62 | 0,58 | 1,22 | 1,26 | 2,71 | 1,34 | 1,1 | 1 | 0,93 | 0,93 | 1,11 | 1,07 | 0,90 | 9,48 | 1,47 |
| Mes del valor máximo ¹ | | Mar | Mar | May | Jun | Nov | May | Jun | Feb | Abr | May | Jun | Feb | Jul | May | Ago |
| Nº veces excede Norma | - | 10 | 0 | 1 | 1 | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |

1. Mes en que se produjo el valor más alto

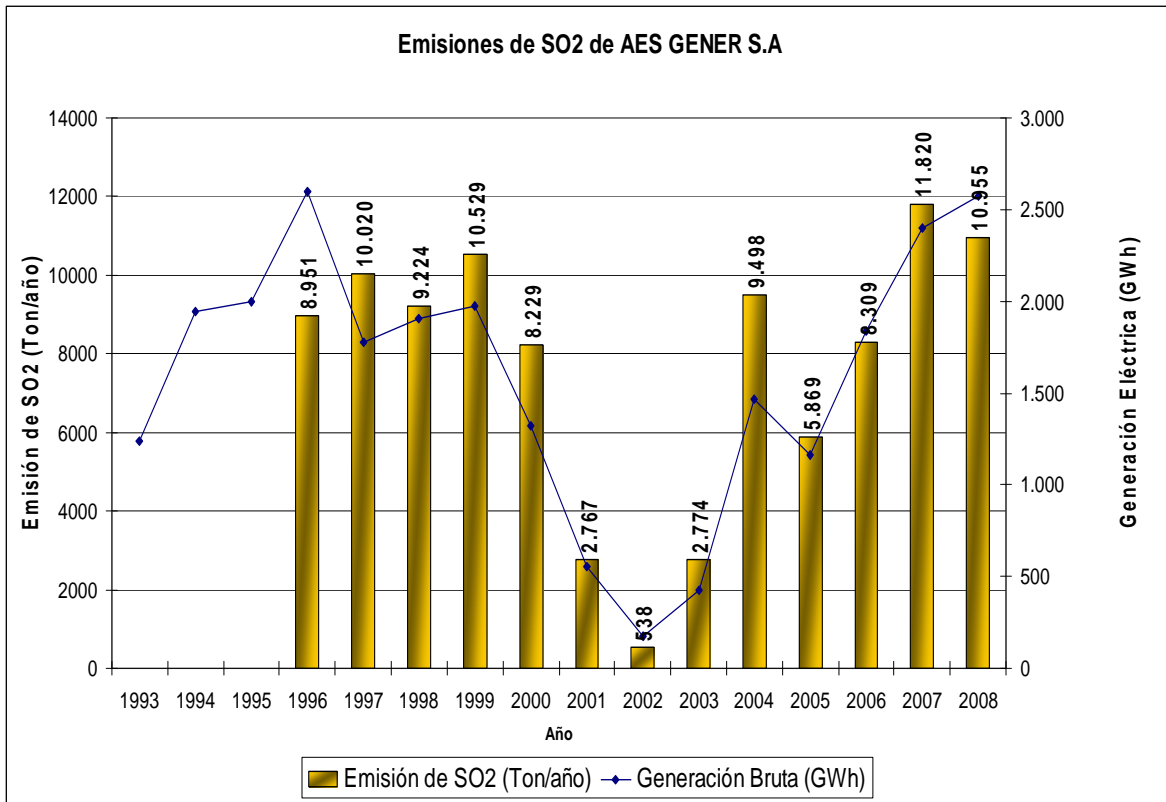
- Fuente: Informes mensuales de emisiones emitidos por AES GENER S.A., estimaciones corroboradas por la Seremi de Salud Valparaíso.
- Estas emisiones son calculadas por unidad.

En la Tabla 3-6 y el Gráfico 3-7 se observa la evolución de las emisiones de SO₂ hasta el año 2008.

Tabla 3-6
Emisiones de SO₂ v/s Generación de AES GENER S.A.

| Año | Generación Bruta MWh | Generación Bruta GWh | Energía MMBtu | SO₂ Ton |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|
| 1993 | 1.238.062 | 1.238 | | |
| 1994 | 1.946.187 | 1.946 | 16.554.989 | |
| 1995 | 1.995.210 | 1.995 | 18.361.932 | |
| 1996 | 2.601.345 | 2.601 | 23.759.411 | 8.951 |
| 1997 | 1.774.540 | 1.775 | 16.640.850 | 10.020 |
| 1998 | 1.902.893 | 1.903 | 18.320.596 | 9.224 |
| 1999 | 1.973.521 | 1.974 | 19.043.866 | 10.529 |
| 2000 | 1.319.186 | 1.319 | 12.473.437 | 8.229 |
| 2001 | 556.992 | 557 | 5.251.859 | 2.767 |
| 2002 | 176.278 | 176 | 1.679.643 | 538 |
| 2003 | 424.403 | 424 | 3.964.252 | 2.774 |
| 2004 | 1.464.321 | 1.464 | 13.561.844 | 9.498 |
| 2005 | 1.164.931 | 1.165 | 10.955.627 | 5.869 |
| 2006 | 1.835.916 | 1.836 | 17.056.963 | 8.309 |
| 2007 | 2.435.057 | 2.400 | 22.583.691 | 11.820 |
| 2008 | 2.575.312 | 2.575 | 23.350.718 | 10.955 |

Gráfico 3-7
Emisiones de SO₂ de AES GENER S.A.



4. EMISIONES

4.1 REDES DE MONITOREO

Según lo establecido en el artículo 4º transitorio del D.S. Nº 185/91 (D.O. 02.01.92), el Complejo Industrial Ventanas, constituido por la actual CODELCO División Ventanas y la actual AES GENER S.A., presentaron un Proyecto de red de monitoreo continuo para medir la concentración de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable en la zona circundante al complejo industrial.

El proyecto de red de monitoreo fue aprobado por Resolución Conjunta Nº 2005/ 115 del 29 de Abril de 1992, del Servicio de Salud de Viña del Mar- Quillota y Servicio Agrícola y Ganadero V Región respectivamente, la que fue modificada posteriormente por las Resoluciones Nº 3474/206, del 23 de Julio de 1992, y Nº 1927/197, del 28 de Mayo de 1993.

Esta red está compuesta por cinco estaciones que se ubican en el sector La Greda, Los Maitenes, sector Sur del complejo, Sector Valle Alegre y Puchuncaví. Además cuenta con una estación meteorológica.



4.2 NORMATIVA DE CALIDAD DE AIRE VIGENTE

4.2.1 Normativa de SO₂

Al momento de establecerse el plan de descontaminación, los límites de calidad de aire respecto a SO₂ eran establecidos por el D.S.185/91, el cual fijaba tanto las normas primarias como secundarias, estos valores son presentados en la tabla 4-1.

Tabla 4-1
Norma de Calidad del Aire para SO₂ establecida por el D.S. N°185/91

| Tipo de Norma | Valor | Período de Evaluación | Condición de Verificación | Decreto |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| Primaria y Secundaria | 80 µg/m ³ N | Anual | Promedio Anual | D.S. N°185/91 |
| | 360 µg/m ³ N | 24 Horas | Promedio 24 Horas | |
| Secundaria | 1000 µg/m ³ N | 1 Hora | Promedio de 1Hora | |

El Decreto Supremo N°113/02 del MINSEGPRES "Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre (SO₂)", estableció nuevos límites y forma de verificación de la norma para los períodos Anual y de 24 horas, que reemplazaron los establecidos por el D.S N°185/91 como normas primarias, los cuales sin embargo permanecieron como normas secundarias.

Este decreto entró en vigencia el 1° de Abril de 2003, estableciendo que la Norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual y de 24 horas, así como los niveles que originaran situaciones de emergencia ambiental, entrarían en vigencia transcurridos tres años contados desde la fecha señalada, vale decir, desde el 1° de Abril de 2006.

En el caso de la Red Ventanas, debido a que sus estaciones fueron declaradas como Estaciones Monitoras con Representatividad Poblacional para Gases (EMRPG) a partir del 01 de Enero del 2004 (Resolución Sanitaria N° 305/04 del Servicio de Salud Viña del Mar Quillota), la exigencia de la nueva normativa comienza a partir del 01 de Enero del 2007. Sin embargo, para facilitar el análisis de tendencia de los datos, la evaluación respecto a norma primaria de SO₂ se ha realizado utilizando los niveles y procedimientos establecidos en el D.S. N°113/2002, mientras que el análisis de norma secundaria se ha realizado utilizando los niveles y procedimientos establecidos por el D.S. N° 185/91.

La Tabla 4-2 muestra un resumen de la normativa vigente utilizada en la presente evaluación.

Tabla 4-2
Normas de Calidad de Aire de SO₂ Vigentes Contenidas en el D.S. 113/02 y D.S. 185/91.

| Tipo de Norma | Valor | Período de Evaluación | Condición de Verificación | Decreto |
|---------------|--------------------------|-----------------------|---|------------------|
| Primaria | 80 µg/m ³ N | Anual | Promedio de 3 años | D.S. N°113/02 |
| | 250 µg/m ³ N | 24 horas | Promedio 3 años percentil 99 de los promedios de 24 horas | |
| Secundaria | 80 µg/m ³ N | Anual | Promedio Anual | D.S. N°185/91 |
| | 360 µg/m ³ N | 24 horas | Promedio 24 horas | |
| | 1000 µg/m ³ N | 1 hora | Promedio de 1Hora | |

Norma Primaria: Respecto a la definición de norma primaria el DS 185/91 en el Título II artículo 4° establece: “*Con el fin de proteger la salud de la población, la Comisión Interministerial podrá proponer al Ministro de Salud que establezca concentraciones ambientales máximas permisibles para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable aplicable en todo el territorio nacional. Con tal objeto se establece la norma primaria para Anhídrido sulfuroso*”

Norma Secundaria: Respecto a la definición de norma secundaria el DS 185/91 en el Título II artículo 6° establece: “*Con el objeto de proteger las explotaciones silvoagropecuarias y conservar los ecosistemas pertenecientes a las Áreas Silvestres Protegidas, la Comisión Interministerial establecida en el Título VII, podrá proponer al ministerio de agricultura normas secundarias de calidad de aire para anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico, aplicables a áreas con explotación silvoagropecuaria o recursos naturales renovables. Con tal objeto se establecen las normas secundarias sobre concentraciones máximas permisibles de anhídrido sulfuroso, para las áreas del territorio nacional divididas según los siguientes límites:...*”, correspondiendo al caso de ventanas el área norte con una exigencia horaria de 1000 µg/m³.

4.2.2 Normativa de Material Particulado MP₁₀

Al momento de establecerse el plan de descontaminación, los límites de calidad de aire respecto a material particulado respirable eran establecidos por el D.S.185/91, el cual fija sólo norma primaria diaria, como se ve en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3
Norma de Calidad de Aire para MP₁₀ establecida por D.S. N°185/91

| Norma Primaria para MP₁₀ al iniciarse el Plan |
|---|
| 150 µg/m ³ N Concentración Media aritmética diaria |

Esta normativa fue redefinida, al entrar en vigencia el D.S. 59/98 el 30 de Mayo de 1998. Este fue modificado por el D.S. 45 del 2001 con fecha de publicación 11 de Septiembre del 2001. Así desde el año 1999 en adelante es aplicable el límite diario mostrado en la Tabla 4-4. El límite anual es sólo exigible para el año 2004 en adelante, debido a que se necesita el promedio de tres años calendario. Debe tenerse presente que las estaciones de la Red Ventanas tienen calidad de Estaciones Monitoras de Representatividad Poblacional (EMRP), necesarias para la aplicación de la norma, a partir del 28 de Agosto del 2000 por Resolución N°1924/00 del Servicio de Salud Viña del Mar Quillota (SSVQ).

Tabla 4-4
Norma de Calidad de Aire para MP₁₀ establecida por D.S. N°59/98 y D.S. N°45/01

| Tipo de Norma | Valor | Período de evaluación | Forma de verificación |
|----------------------|-----------------------|------------------------------|---|
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| | µg/m ³ | | |
| Primaria | 150 µg/m ³ | Concentración de 24 hrs. | Percentil 98 de valores de un año o más de 7 días en un año |

| | | | |
|----------|----------------------|----------------|---------------------------------|
| Primaria | 50 µg/m ³ | Promedio Anual | Promedio de 3 años consecutivos |
|----------|----------------------|----------------|---------------------------------|

Por lo tanto, debido a que existe un cambio normativo a partir del año 1999, el análisis de cumplimiento de la normativa de MP₁₀ en el presente informe se ha realizado teniendo las siguientes consideraciones:

- El valor de concentración diaria de MP₁₀ presentado en tablas y gráficos hasta el año 1998, corresponde a la máxima concentración diaria registrada el año correspondiente.
- El valor de concentración diaria de MP₁₀ en tablas y gráficos desde el año 1999 en adelante, corresponde al percentil 98 de los promedios de 24 horas registrados en un año.

4.2.3 Análisis General de Calidad del Aire en Red Ventanas

4.2.3.1 Cumplimiento de Normas Primarias Vigentes

Las normas primarias a evaluar en la Red Ventanas son:

- Norma Anual de material particulado respirable (MP₁₀), D.S. N°45/01 del MINSEGPRES.
- Norma Diaria de material particulado respirable (MP₁₀), D.S. N°59/98 del MINSEGPRES.
- Norma Anual de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°113/02 del MINSEGPRES.
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°113/02 del MINSEGPRES.

En la Tabla 4-5 y Gráfico 4-1 se muestra el máximo porcentaje de cada una de las normas antes señaladas registradas en la Red Ventanas. Dicho análisis se obtuvo evaluando el cumplimiento de norma para cada una de las estaciones de la Red y luego escogiendo el mayor valor registrado en el año en análisis. Este valor se ha expresado en porcentaje con respecto a la norma, tanto para facilitar la comparación entre normas, como la visualización de niveles sobre el 80% (Nivel de Latencia) y 100% (Nivel de Saturación).

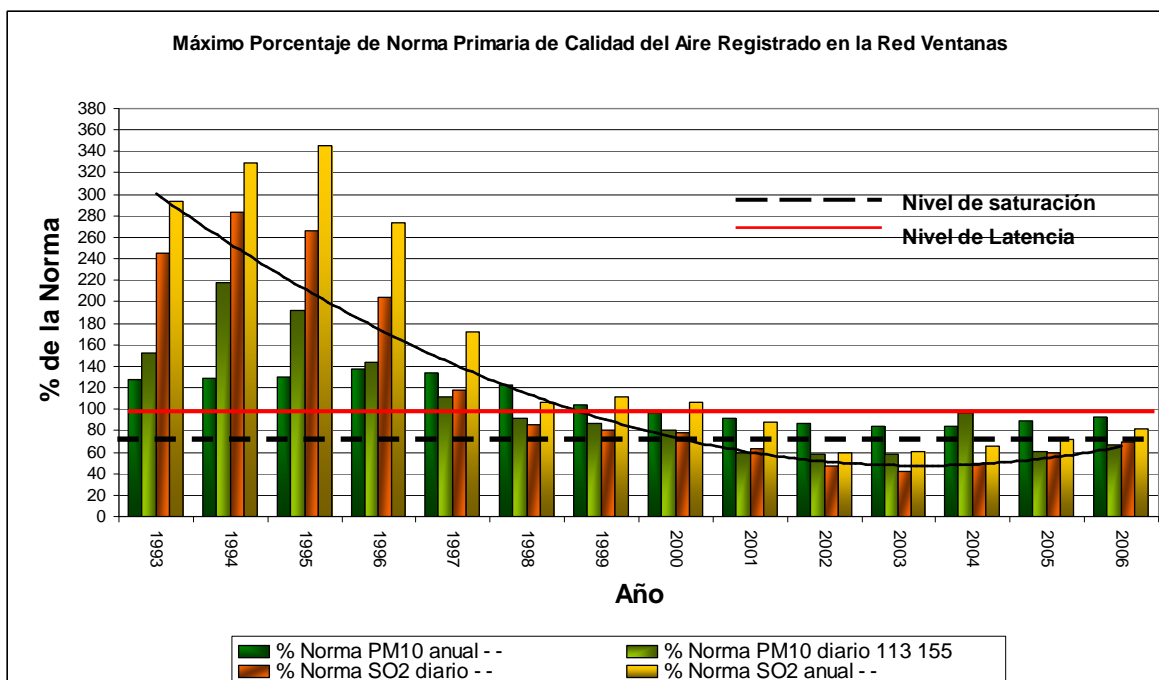
Tabla 4-5
Máximo Nivel de Normativa Primaria D.S 113/02, D.S 59/98, y D.S 45/01 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma)

| Red | Año | MP ₁₀ Anual (%) | MP ₁₀ Diaria (%) | SO ₂ Anual (%) | SO ₂ Diaria (%) |
|----------|------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Ventanas | 1993 | - | 113 | - | - |
| | 1994 | - | 155 | - | - |
| | 1995 | 128 | 152 | 245 | 293 |
| | 1996 | 129 | 218 | 283 | 329 |
| | 1997 | 130 | 192 | 266 | 345 |
| | 1998 | 138 | 144 | 204 | 274 |
| | 1999 | 134 | 111 | 117 | 172 |
| | 2000 | 123 | 91 | 86 | 107 |
| | 2001 | 104 | 87 | 80 | 111 |
| | 2002 | 96 | 81 | 78 | 106 |
| | 2003 | 91 | 59 | 63 | 88 |
| | 2004 | 87 | 58 | 47 | 59 |
| | 2005 | 84 | 58 | 42 | 61 |
| 2006 | 84 | 96 | 50 | 65 | |

| | | | | | |
|--|-------------|----|----|----|----|
| | 2007 | 89 | 61 | 59 | 72 |
| | 2008 | 93 | 67 | 69 | 82 |

1. Norma anual de MP10 calculada como promedio de tres años calendario, tal como lo establece el D.S.59/98 y D.S.45/01. Solo exigible a partir del año 2004 en adelante.

Gráfico 4-1
Máximo Porcentaje de Norma Primaria de Calidad del Aire Registrado en la Red Ventanas (D.S. 113/02, D.S 59/98, D.S 45/01)



En el Gráfico 4-1 se observa que a partir del año 2002 existe una disminución del nivel alcanzado por todas las normas primarias. A partir del mismo año todas las normas primarias se encuentran bajo el nivel de saturación. Entre el año 2003 y 2005 todas las normas, a excepción de la norma anual de MP₁₀, se encuentran bajo el nivel de latencia. En el año 2008 se observan niveles de latencia para la norma anual de MP₁₀, y latencia para la norma diaria de SO₂ demostrando un deterioro en la Calidad del Aire en ese año.

De lo antes expresado, es destacable que hay que poner especial atención en el aumento de los niveles de la norma diaria de MP₁₀ que en una de las estaciones está alcanzando los niveles de saturación y a la norma anual de SO₂ que desde el año 2001, no mostraba niveles de latencia.

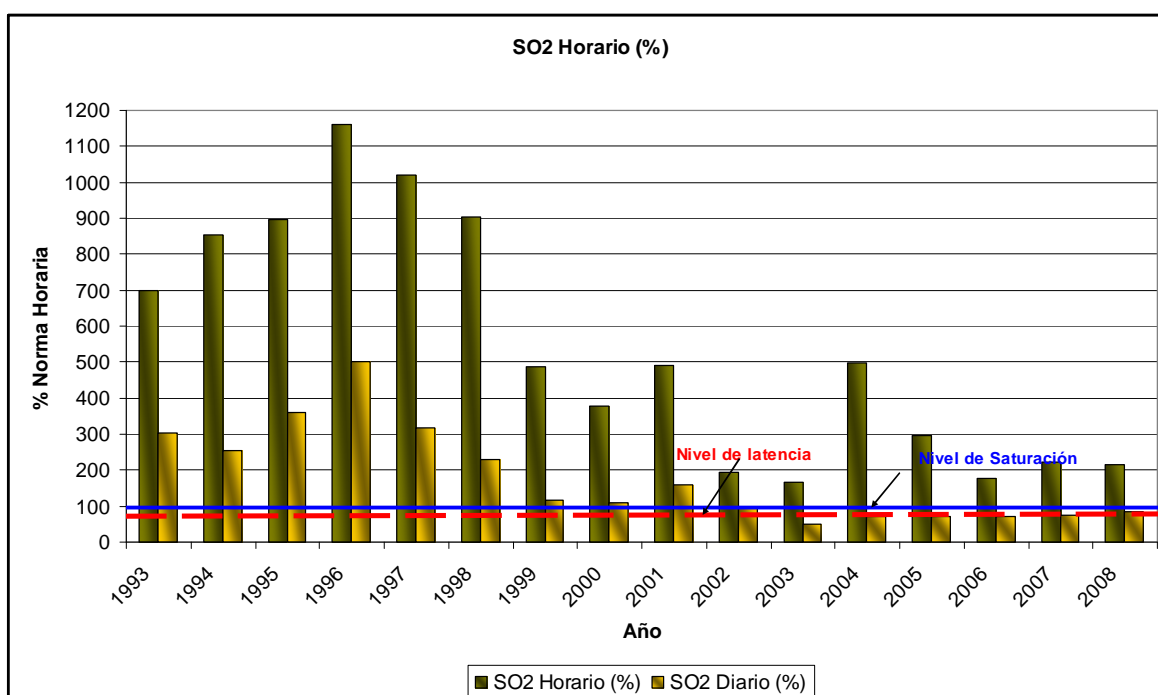
4.2.3.2 Cumplimiento de Normas Secundaria

La norma secundaria de calidad del aire a evaluar en la Red Ventanas esta relacionada con las normas anual, diaria y horaria de SO₂. En la Tabla 4-6 , se muestran el máximo porcentaje del valor de la norma secundaria horaria (1000 µg/m³N) y en el Gráfico 4-2 se muestran los máximos porcentajes de la norma secundaria anual y diaria para la red de ventanas.

Tabla 4-6
Nivel de Normativa Secundaria D.S 185/91 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma)

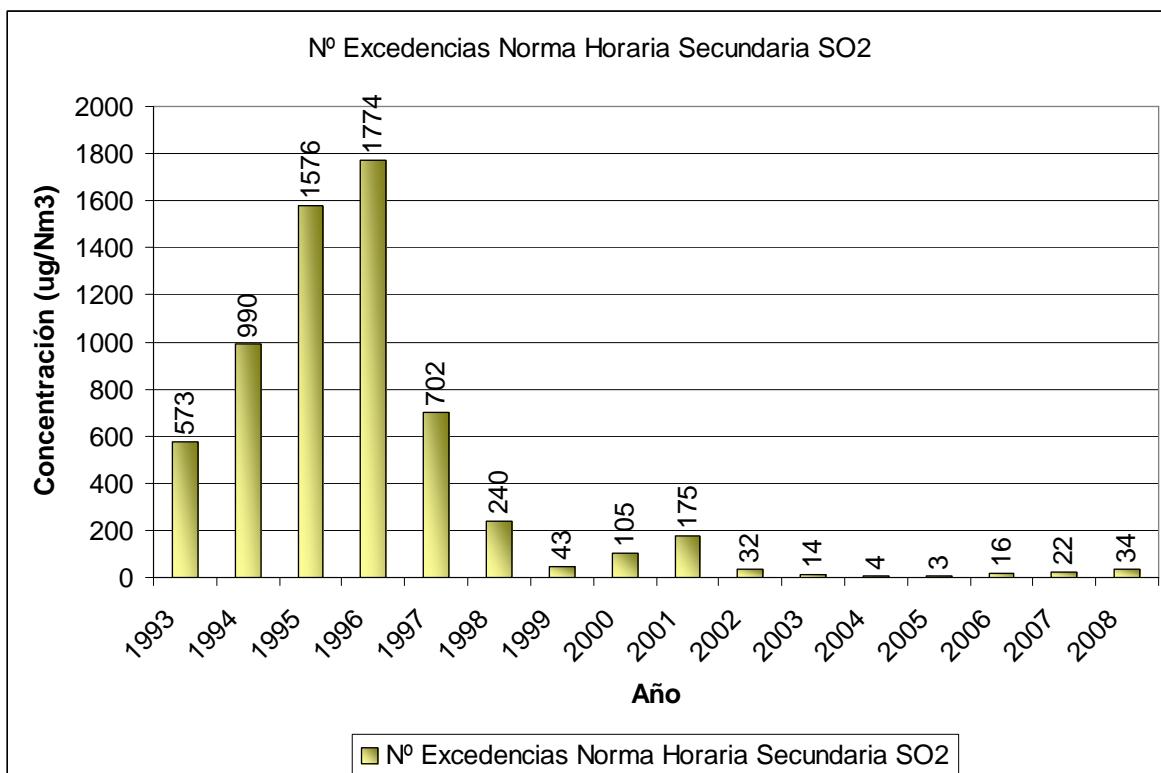
| Red | Año | SO ₂ Horario (%) | SO ₂ Diario (%) | SO ₂ Anual (%) |
|----------|------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Ventanas | 1993 | 700 | 304 | 212 |
| | 1994 | 854 | 253 | 224 |
| | 1995 | 898 | 360 | 299 |
| | 1996 | 1162 | 500 | 325 |
| | 1997 | 1020 | 319 | 175 |
| | 1998 | 905 | 228 | 111 |
| | 1999 | 488 | 116 | 65 |
| | 2000 | 378 | 109 | 82 |
| | 2001 | 491 | 158 | 92 |
| | 2002 | 193 | 96 | 59 |
| | 2003 | 167 | 50 | 41 |
| | 2004 | 497 | 69 | 43 |
| | 2005 | 297 | 72 | 45 |
| | 2006 | 177 | 69 | 62 |
| | 2007 | 222 | 73 | 69 |
| 2008 | 214 | 86 | 76 | |

Gráfico 4-2
Máximo Porcentaje de Norma Secundaria Anual y Diaria de Calidad del Aire Registrada en la Red Ventanas



En el Gráfico 4-3 se muestra el número total de excedencias registradas para la norma secundaria horaria en la Red Ventanas. En él se observa que a pesar de ir disminuyendo el número de excedencias desde el año 2002 al año 2005, en el año 2006 se registraron 16 excedencias. Debido a esto la zona monitoreada por la Red Ventanas, sigue presentado condiciones de Zona Saturada para norma Secundaria de SO₂.

Gráfico 4-3
Número Total de Excedencias de Norma Horaria Secundaria de SO₂ Registradas en Red Ventanas (D.S. 185/91)



4.3 Análisis por Estaciones de la Calidad del Aire

4.3.1 Normas Primarias de Calidad del Aire

Las normas primarias a evaluar en las estaciones de la Red Ventanas son:

- Norma Anual de material particulado respirable (MP₁₀), D.S. N°45/01.
- Norma Diaria de material particulado respirable (MP₁₀), D.S. N°59/98.
- Norma Anual de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°113/02
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°113/02

4.3.1.1 Concentraciones de MP10

En la Tabla 4-7 a la Tabla 4-11 se evalúa el cumplimiento de la norma de material particulado respirable (MP10) para cada una de las estaciones de la red Ventanas.

Tabla 4-7
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP₁₀ Estación Puchuncaví.

| Estación | Año | Meses Medidos N° | N° Días Válidos | Norma Primaria MP ₁₀ | | | | |
|--------------------------|------|------------------|-----------------|--|-------------------------------------|---------|--|---------|
| | | | | Norma Anual (1) | | | Norma Diaria (2) | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ | % Norma | Concentración 24 Horas µg/m ³ | % Norma |
| Puchuncavi | 1993 | 12 | 115 | 51 | - | | 153 | 102% |
| | 1994 | 12 | 118 | 57 | - | - | 148 | 99% |
| | 1995 | 12 | 117 | 55 | 54 | 108% | 160 | 107% |
| | 1996 | 12 | 120 | 42 | 51 | 103% | 114 | 76% |
| | 1997 | 12 | 119 | 41 | 46 | 92% | 78 | 52% |
| | 1998 | 12 | 122 | 44 | 42 | 85% | 99 | 66% |
| | 1999 | 12 | 121 | 35 | 40 | 80% | 78 | 52% |
| | 2000 | 12 | 121 | 32 | 37 | 74% | 73 | 49% |
| | 2001 | 12 | 121 | 28 | 32 | 64% | 54 | 36% |
| | 2002 | 12 | 121 | 30 | 30 | 60% | 57 | 38% |
| | 2003 | 12 | 120 | 33 | 30 | 61% | 67 | 45% |
| | 2004 | 12 | 122 | 30 | 31 | 62% | 64 | 43% |
| | 2005 | 12 | 122 | 30 | 31 | 62% | 66 | 44% |
| | 2006 | 12 | 122 | 32 | 30 | 61% | 70 | 47% |
| | 2007 | 12 | 121 | 37 | 33 | 66% | 75 | 50% |
| 2008 | 12 | 122 | 35 | 35 | 69% | 68 | 46% | |
| Limite Máximo Permisible | | | | 50 µg/m³ Promedio 3 años | | | 150 µg/m³ Percentil 98 | |
| 80% de Norma | | | | 40 µg/m ³ | | | 120 µg/m ³ | |

Información Base: SAG, SEREMI Salud, CONAMA V Región

1. Promedio trianual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

2. Hasta año 1998 calculado con normativa D.S.185/91 a partir de 1999 calculado con D.S. 59/98 considerando percentil 98 de los promedios de 24 horas de un año

Tabla 4-8
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP₁₀

Estación La Greda

| Estación | Año | Meses Medidos N° | N° Días Válidos | Norma Primaria MP ₁₀ | | | | |
|---------------------------|------|------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---------|--|---------|
| | | | | Norma Anual (1) | | | Norma Diaria (2) | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ | % Norma | Concentración 24 Horas µg/m ³ | % Norma |
| La Greda | 1993 | 12 | 118 | 61 | - | - | 170 | 113% |
| | 1994 | 12 | 117 | 68 | - | - | 233 | 155% |
| | 1995 | 12 | 120 | 62 | 64 | 128% | 228 | 152% |
| | 1996 | 12 | 119 | 63 | 65 | 129% | 327 | 218% |
| | 1997 | 12 | 122 | 69 | 65 | 130% | 288 | 192% |
| | 1998 | 12 | 120 | 75 | 69 | 138% | 216 | 144% |
| | 1999 | 12 | 120 | 57 | 67 | 134% | 166 | 111% |
| | 2000 | 12 | 120 | 53 | 62 | 123% | 137 | 91% |
| | 2001 | 12 | 122 | 46 | 52 | 104% | 131 | 87% |
| | 2002 | 12 | 122 | 45 | 48 | 96% | 118 | 79% |
| | 2003 | 12 | 119 | 46 | 46 | 91% | 88 | 59% |
| | 2004 | 12 | 122 | 39 | 44 | 87% | 88 | 58% |
| | 2005 | 12 | 122 | 41 | 42 | 84% | 87 | 58% |
| | 2006 | 12 | 121 | 46 | 42 | 84% | 144 | 96% |
| | 2007 | 12 | 118 | 46 | 44 | 89% | 92 | 61% |
| 2008 | 12 | 122 | 48 | 47 | 93% | 101 | 67% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 50 µg/m³ Promedio 3Años | | | 150 µg/m³ Percentil 98 | |
| 80% de Norma | | | | 40 µg/m ³ | | | 120 µg/m ³ | |

Información Base: SAG, SEREMI Salud, CONAMA V Región

1. Promedio tri anual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

2. Hasta año 1998 calculado con normativa D.S.185/91 a partir de 1999 calculado con D.S. 59/98 considerando percentil 98 de los promedios de 24 horas de un año

Tabla 4-9
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP₁₀ Estación Valle Alegre

| Estación | Año | Meses Medidos N° | N° Días Válidos | Norma Primaria MP ₁₀ | | | | |
|---------------------------|------|------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---------|--|---------|
| | | | | Norma Anual (1) | | | Norma Diaria (2) | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ | % Norma | Concentración 24 Horas µg/m ³ | % Norma |
| Valle Alegre | 1993 | 12 | 116 | 44 | - | - | 147 | 98% |
| | 1994 | 12 | 118 | 47 | - | - | 129 | 86% |
| | 1995 | 12 | 116 | 45 | 46 | 91% | 154 | 103% |
| | 1996 | 12 | 120 | 39 | 44 | 88% | 99 | 66% |
| | 1997 | 12 | 122 | 37 | 40 | 81% | 88 | 59% |
| | 1998 | 12 | 121 | 37 | 38 | 75% | 75 | 50% |
| | 1999 | 12 | 118 | 29 | 34 | 69% | 61 | 41% |
| | 2000 | 12 | 120 | 29 | 32 | 64% | 58 | 39% |
| | 2001 | 12 | 120 | 27 | 29 | 57% | 65 | 43% |
| | 2002 | 12 | 120 | 26 | 28 | 55% | 50 | 33% |
| | 2003 | 12 | 121 | 31 | 28 | 56% | 60 | 40% |
| | 2004 | 12 | 121 | 29 | 29 | 58% | 62 | 41% |
| | 2005 | 12 | 121 | 25 | 28 | 57% | 48 | 32% |
| | 2006 | 12 | 122 | 28 | 27 | 54% | 58 | 39% |
| | 2007 | 12 | 121 | 30 | 27 | 55% | 78 | 52% |
| 2008 | 12 | 122 | 27 | 28 | 56% | 59 | 46% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 50 µg/m³ Promedio 3Años | | | 150 µg/m³ Percentil 98 | |
| 80% de Norma | | | | 40 µg/m ³ | | | 120 µg/m ³ | |

Información Base: SAG, SEREMI Salud, CONAMA V Región

1. Promedio trianual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

2. Hasta año 1998 calculado con normativa D.S.185/91 a partir de 1999 calculado con D.S. 59/98 considerando percentil 98 de los promedios de 24 horas de un año

Tabla 4-10
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP₁₀ Estación Sur

| Estación | Año | Meses Medidos N° | N° Días Válidos | Norma Primaria MP ₁₀ | | | | |
|---------------------------|------|------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---------|--|---------|
| | | | | Norma Anual (1) | | | Norma Diaria (2) | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ | % Norma | Concentración 24 Horas µg/m ³ | % Norma |
| Sur | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 1994 | 12 | 111 | 55 | - | - | 158 | 105% |
| | 1995 | 12 | 117 | 51 | - | - | 167 | 111% |
| | 1996 | 12 | 117 | 45 | 51 | 101% | 190 | 127% |
| | 1997 | 12 | 118 | 36 | 44 | 88% | 96 | 64% |
| | 1998 | 12 | 119 | 40 | 41 | 81% | 131 | 87% |
| | 1999 | 12 | 117 | 32 | 36 | 72% | 68 | 45% |
| | 2000 | 12 | 120 | 31 | 34 | 69% | 90 | 60% |
| | 2001 | 12 | 120 | 26 | 29 | 59% | 60 | 40% |
| | 2002 | 12 | 120 | 26 | 28 | 55% | 61 | 41% |
| | 2003 | 12 | 118 | 31 | 28 | 55% | 54 | 36% |
| | 2004 | 12 | 121 | 26 | 28 | 55% | 53 | 35% |
| | 2005 | 12 | 122 | 26 | 28 | 55% | 53 | 35% |
| | 2006 | 12 | 122 | 28 | 27 | 54% | 55 | 37% |
| | 2007 | 12 | 118 | 28 | 28 | 55% | 52 | 35% |
| 2008 | 12 | 119 | 30 | 29 | 58% | 69 | 46% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 50 µg/m³ Promedio 3Años | | | 150 µg/m³ Percentil 98 | |
| 80% de Norma | | | | 40 µg/m ³ | | | 120 µg/m ³ | |

Información Base: SEREMI Salud, CONAMA V Región

1. Promedio trianual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

2. Hasta año 1998 calculado con normativa D.S.185/91 a partir de 1999 calculado con D.S. 59/98 considerando percentil 98 de los promedios de 24 horas de un año

Tabla 4-11
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP₁₀ Estación Los Maitenes

| Estación | Año | Meses Medidos N° | N° Días Válidos | Norma Primaria MP ₁₀ | | | | |
|---------------------------|------|------------------|-----------------|---|-------------------------------------|---------|--|---------|
| | | | | Norma Anual (1) | | | Norma Diaria (2) | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ | % Norma | Concentración 24 Horas µg/m ³ | % Norma |
| Los Maitenes | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 1994 | 12 | 120 | 65 | - | - | 152 | 101% |
| | 1995 | 12 | 117 | 64 | - | - | 220 | 147% |
| | 1996 | 12 | 118 | 48 | 59 | 118% | 259 | 173% |
| | 1997 | 12 | 118 | 44 | 52 | 104% | 128 | 85% |
| | 1998 | 12 | 119 | 49 | 47 | 93% | 194 | 129% |
| | 1999 | 12 | 120 | 41 | 44 | 88% | 113 | 75% |
| | 2000 | 12 | 120 | 36 | 42 | 83% | 92 | 61% |
| | 2001 | 12 | 121 | 32 | 36 | 72% | 73 | 49% |
| | 2002 | 12 | 121 | 35 | 34 | 68% | 121 | 81% |
| | 2003 | 12 | 117 | 33 | 33 | 67% | 57 | 38% |
| | 2004 | 12 | 122 | 29 | 32 | 65% | 63 | 42% |
| | 2005 | 12 | 120 | 32 | 31 | 63% | 76 | 51% |
| | 2006 | 12 | 121 | 38 | 33 | 66% | 101 | 67% |
| | 2007 | 12 | 121 | 35 | 35 | 70% | 66 | 44% |
| 2008 | 12 | 122 | 36 | 37 | 73% | 89 | 59% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 50 µg/m³ Promedio 3Años | | | 150 µg/m³ Percentil 98 | |
| 80% de Norma | | | | 40 µg/m ³ | | | 120 µg/m ³ | |

Información Base: SEREMI Salud, CONAMA V Región

1. Promedio trianual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

2. Hasta año 1998 calculado con normativa D.S.185/91 a partir de 1999 calculado con D.S. 59/98 considerando percentil 98 de los promedios de 24 horas de un año

En el Gráfico 4-4 se observa que respecto a la norma diaria de MP₁₀, todas las estaciones están bajo el nivel de saturación a partir del año 2000. y bajo el nivel de latencia ha partir del año 2003. Lo obstante la estación La Greda presentó niveles de latencia en el año 2006, saliendo de esta condición durante el periodo 2007-2008.

Respecto a la norma anual de MP₁₀ en el Gráfico 4-5 se observa que todas las estaciones están bajo el nivel de saturación a partir del año 2002. Sin embargo, la estación La Greda registra concentraciones sobre el nivel de latencia desde el año 1993 hasta el año 2006, siendo el más preocupante los niveles presentados durante el año 2008 con un 93% de la norma. Es decir, valores cercanos a la saturación.

Gráfico 4-4
Red Ventanas MP10 Norma Primaria Diaria

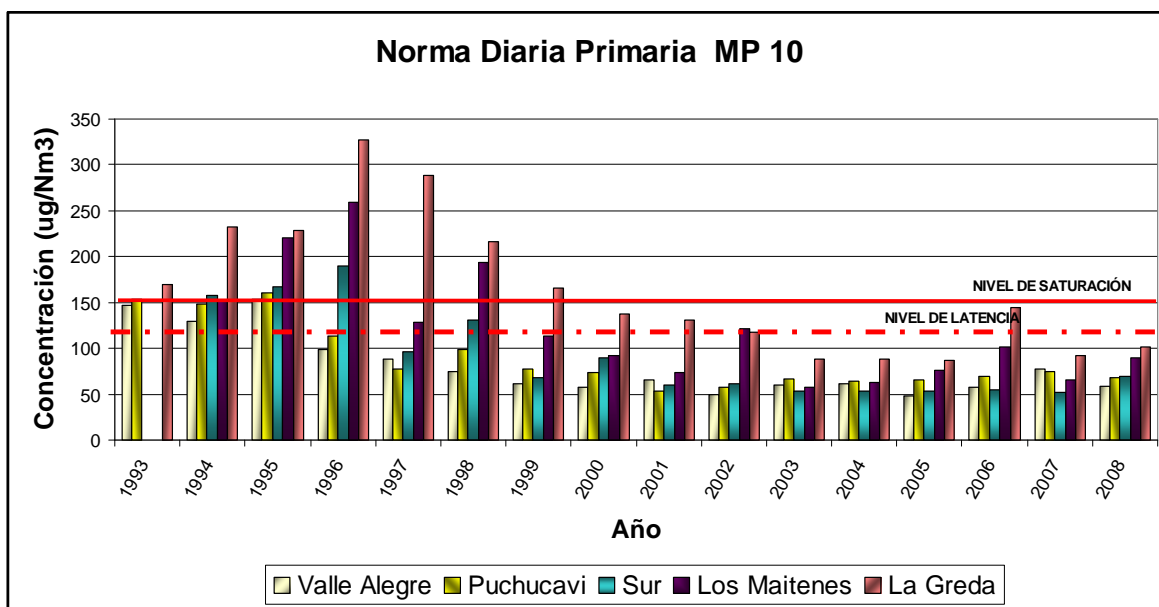
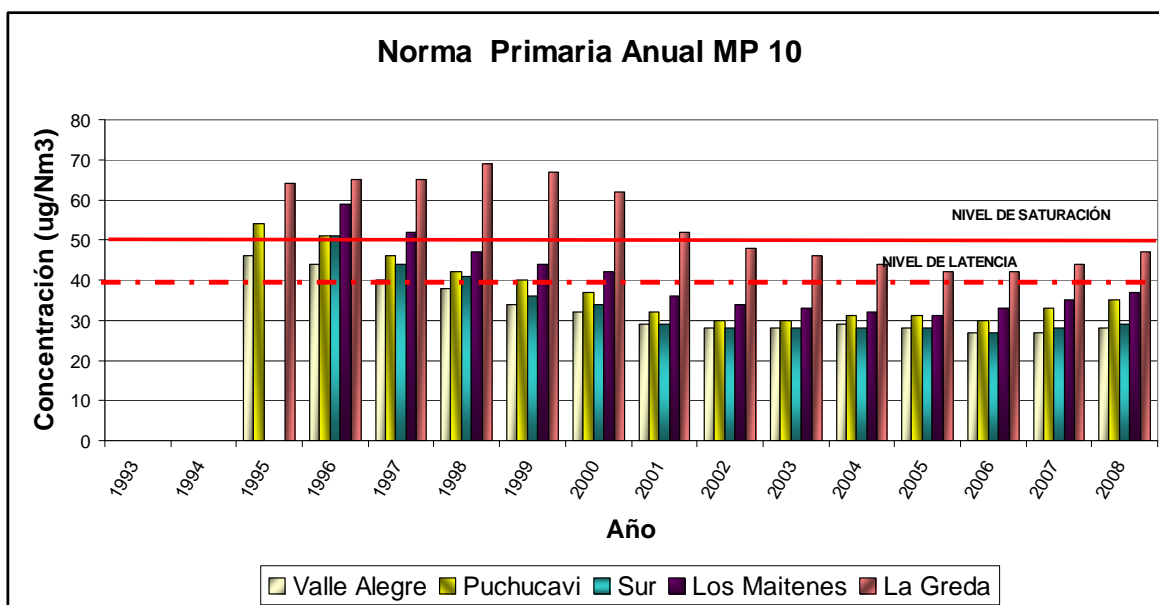


Gráfico 4-5
Red Ventanas MP10 Norma Primaria Anual



4.3.1.2 Concentraciones de SO₂

Desde la Tabla 4-12 a la Tabla 4-16 se muestra el cumplimiento de la norma primaria de SO₂, para cada una de las estaciones de la Red Ventanas.

Tabla 4-12
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO₂ Estación Puchuncaví

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Primaria SO ₂ | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|--|---------|--------------------------------|--|---------|
| | | | | Norma Anual | | | Norma Diaria | | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma | Percentil 99 µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma |
| Puchuncaví | 1993 | 12 | 365 | 99 | - | - | 357 | - | - |
| | 1994 | 12 | 365 | 115 | - | - | 365 | - | - |
| | 1995 | 12 | 360 | 137 | 117 | 146% | 456 | 393 | 157% |
| | 1996 | 12 | 366 | 144 | 132 | 165% | 478 | 433 | 173% |
| | 1997 | 12 | 365 | 98 | 126 | 158% | 390 | 441 | 177% |
| | 1998 | 12 | 365 | 52 | 98 | 123% | 170 | 346 | 138% |
| | 1999 | 12 | 364 | 35 | 62 | 77% | 117 | 226 | 90% |
| | 2000 | 12 | 366 | 42 | 43 | 54% | 127 | 138 | 55% |
| | 2001 | 12 | 365 | 24 | 34 | 42% | 96 | 113 | 45% |
| | 2002 | 12 | 365 | 22 | 29 | 36% | 65 | 96 | 38% |
| | 2003 | 12 | 365 | 16 | 21 | 26% | 54 | 72 | 29% |
| | 2004 | 12 | 366 | 22 | 20 | 25% | 128 | 82 | 33% |
| | 2005 | 12 | 365 | 17 | 18 | 23% | 54 | 79 | 31% |
| | 2006 | 12 | 365 | 26 | 22 | 27% | 79 | 87 | 35% |
| | 2007 | 12 | 365 | 29 | 24 | 30% | 88 | 74 | 29% |
| 2008 | 12 | 366 | 31 | 29 | 36% | 95 | 87 | 35% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ | | | 250 µg/m³ | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | | 200 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, CONAMA V Región
Evaluación realizada según D.S. N°113/02 de MINSEGPRES

Tabla 4-13
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO₂ Estación La Greda

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Primaria SO ₂ | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|--|---------|--------------------------------|--|---------|
| | | | | Norma Anual | | | Norma Diaria | | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma | Percentil 99 µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma |
| La Greda | 1993 | 12 | 364 | 83 | - | - | 574 | - | - |
| | 1994 | 12 | 365 | 67 | - | - | 390 | - | - |
| | 1995 | 12 | 360 | 123 | 91 | 113% | 663 | 542 | 217% |
| | 1996 | 12 | 366 | 106 | 99 | 123% | 626 | 560 | 224% |
| | 1997 | 12 | 365 | 43 | 91 | 114% | 462 | 584 | 233% |
| | 1998 | 12 | 365 | 20 | 57 | 71% | 127 | 405 | 162% |
| | 1999 | 12 | 364 | 24 | 29 | 37% | 149 | 246 | 98% |
| | 2000 | 12 | 365 | 24 | 23 | 29% | 116 | 130 | 52% |
| | 2001 | 12 | 365 | 27 | 25 | 32% | 223 | 163 | 65% |
| | 2002 | 12 | 365 | 16 | 22 | 28% | 101 | 147 | 59% |
| | 2003 | 12 | 365 | 16 | 20 | 25% | 124 | 149 | 60% |
| | 2004 | 12 | 366 | 15 | 16 | 20% | 95 | 107 | 43% |
| | 2005 | 12 | 365 | 17 | 16 | 20% | 87 | 102 | 41% |
| | 2006 | 12 | 365 | 28 | 20 | 25% | 106 | 96 | 38% |
| | 2007 | 12 | 365 | 27 | 24 | 30% | 111 | 101 | 41% |
| 2008 | 12 | 366 | 33 | 29 | 37% | 155 | 124 | 50% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ | | | 250 µg/m³ | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | | 200 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, CONAMA V Región
Evaluación realizada según D.S. N°113/02 de MINSEGPRES

Tabla 4-14
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO₂ Estación Valle Alegre

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Primaria SO ₂ | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|-------------------------------------|---|---------|-----------------------------------|---|---------|
| | | | | Norma Anual | | | Norma Diaria | | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ ⁽¹⁾ | % Norma | Percentil 99 µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ ⁽¹⁾ | % Norma |
| Valle Alegre | 1993 | 12 | 365 | 76 | - | - | 348 | - | - |
| | 1994 | 12 | 365 | 90 | - | - | 407 | - | - |
| | 1995 | 12 | 359 | 104 | 90 | 112% | 450 | 402 | 161% |
| | 1996 | 12 | 366 | 124 | 106 | 132% | 532 | 463 | 185% |
| | 1997 | 12 | 365 | 74 | 101 | 126% | 297 | 426 | 171% |
| | 1998 | 12 | 365 | 42 | 80 | 100% | 164 | 331 | 132% |
| | 1999 | 12 | 364 | 20 | 45 | 56% | 85 | 182 | 73% |
| | 2000 | 12 | 366 | 20 | 27 | 34% | 78 | 109 | 44% |
| | 2001 | 12 | 365 | 14 | 18 | 22% | 45 | 69 | 28% |
| | 2002 | 12 | 365 | 9 | 14 | 18% | 29 | 51 | 20% |
| | 2003 | 12 | 365 | 7 | 10 | 12% | 22 | 32 | 13% |
| | 2004 | 12 | 366 | 7 | 8 | 10% | 22 | 24 | 10% |
| | 2005 | 12 | 365 | 13 | 9 | 12% | 63 | 35 | 14% |
| | 2006 | 12 | 362 | 18 | 13 | 16% | 65 | 50 | 20% |
| 2007 | 12 | 365 | 26 | 19 | 24% | 73 | 67 | 27% | |
| 2008 | 12 | 365 | 25 | 23 | 29% | 96 | 78 | 31% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ | | | 250 µg/m³ | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | | 200 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, Seremi de Salud, CONAMA V Región
 Evaluación realizada según D.S. N°113/02 de MINSEGPRES

Tabla 4-15
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO₂ Estación Sur

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Primaria SO ₂ | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|-------------------------------------|---|---------|-----------------------------------|---|---------|
| | | | | Norma Anual | | | Norma Diaria | | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ ⁽¹⁾ | % Norma | Percentil 99 µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ ⁽¹⁾ | % Norma |
| Sur | 1993 | 7 | 212 | 135 | - | - | 581 | - | - |
| | 1994 | 12 | 365 | 141 | - | - | 643 | - | - |
| | 1995 | 12 | 360 | 188 | 155 | 193% | 843 | 689 | 276% |
| | 1996 | 12 | 366 | 227 | 185 | 232% | 936 | 807 | 323% |
| | 1997 | 12 | 365 | 130 | 182 | 227% | 670 | 816 | 326% |
| | 1998 | 12 | 365 | 76 | 145 | 181% | 377 | 661 | 264% |
| | 1999 | 12 | 364 | 41 | 82 | 103% | 181 | 409 | 164% |
| | 2000 | 12 | 366 | 63 | 60 | 75% | 247 | 268 | 107% |
| | 2001 | 12 | 365 | 57 | 54 | 67% | 345 | 258 | 103% |
| | 2002 | 12 | 365 | 38 | 53 | 66% | 177 | 256 | 103% |
| | 2003 | 12 | 365 | 33 | 43 | 53% | 135 | 219 | 88% |
| | 2004 | 12 | 366 | 27 | 33 | 41% | 133 | 148 | 59% |
| | 2005 | 12 | 365 | 31 | 30 | 37% | 187 | 151 | 61% |
| | 2006 | 12 | 363 | 46 | 34 | 43% | 166 | 162 | 65% |
| 2007 | 12 | 357 | 38 | 38 | 48% | 188 | 180 | 72% | |
| 2008 | 12 | 365 | 47 | 44 | 55% | 257 | 204 | 82% | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ | | | 250 µg/m³ | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | | 200 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, Seremi de Salud, CONAMA V Región
 Evaluación realizada según D.S. N°113/02 de MINSEGPRES

Tabla 4-16
Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO₂ Estación Los Maitenes

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Primaria SO ₂ | | | | | |
|--------------------------|------|----------|--------------|-------------------------------------|---|---------|-----------------------------------|---|---------|
| | | | | Norma Anual | | | Norma Diaria | | |
| | | | | Promedio Anual µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma | Percentil 99 µg/m ³ | Promedio Trianual µg/m ³ (¹) | % Norma |
| Los Maitenes | 1993 | 8 | 157 | 170 | - | - | 711 | - | - |
| | 1994 | 12 | 364 | 179 | - | - | 643 | - | - |
| | 1995 | 12 | 360 | 239 | 196 | 245% | 844 | 733 | 293% |
| | 1996 | 12 | 366 | 260 | 226 | 283% | 976 | 821 | 329% |
| | 1997 | 12 | 365 | 140 | 213 | 266% | 767 | 863 | 345% |
| | 1998 | 12 | 365 | 89 | 163 | 204% | 314 | 686 | 274% |
| | 1999 | 12 | 364 | 52 | 94 | 117% | 209 | 430 | 172% |
| | 2000 | 12 | 366 | 66 | 69 | 86% | 265 | 263 | 105% |
| | 2001 | 12 | 365 | 74 | 64 | 80% | 354 | 276 | 111% |
| | 2002 | 12 | 365 | 48 | 62 | 78% | 174 | 265 | 106% |
| | 2003 | 12 | 365 | 31 | 51 | 63% | 124 | 217 | 87% |
| | 2004 | 12 | 366 | 34 | 38 | 47% | 134 | 144 | 58% |
| | 2005 | 12 | 365 | 36 | 34 | 42% | 128 | 129 | 51% |
| | 2006 | 12 | 365 | 50 | 40 | 50% | 191 | 151 | 60% |
| 2007 | 12 | 363 | 55 | 47 | 59% | 200 | 173 | 69% | |
| 2008 | 12 | 363 | 61 | 55 | 69% | 206 | 199 | 80% | |
| Limite Máximo Permisible | | | | 80 µg/m³ | | | 250 µg/m³ | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | | 199 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, , Seremi de Salud, CONAMA V Región

En el Gráfico 4-6 se muestra el cumplimiento de norma anual de SO₂ en las estaciones de la Red Ventanas. Se observa una disminución de la concentración anual a partir del año 1997 a la fecha. Desde el año 1998 todas las estaciones registran concentraciones anuales bajo el nivel de saturación, y a partir del año 2002 se encuentran bajo el nivel de latencia.

En el Gráfico 4-7 se muestra el cumplimiento de norma diaria de SO₂ en las estaciones de la Red Ventanas. Se observa que a partir del año 2002 todas las estaciones registran valores bajo el nivel de saturación. Mientras que a partir del año 2003 todas las concentraciones registradas se encuentran bajo el nivel de latencia. Durante el año 2008, las estaciones Los Maitenes y Sur, registraron niveles de latencia.

Gráfico 4-6
Cumplimiento de Norma Primaria Anual SO₂ Red Ventanas

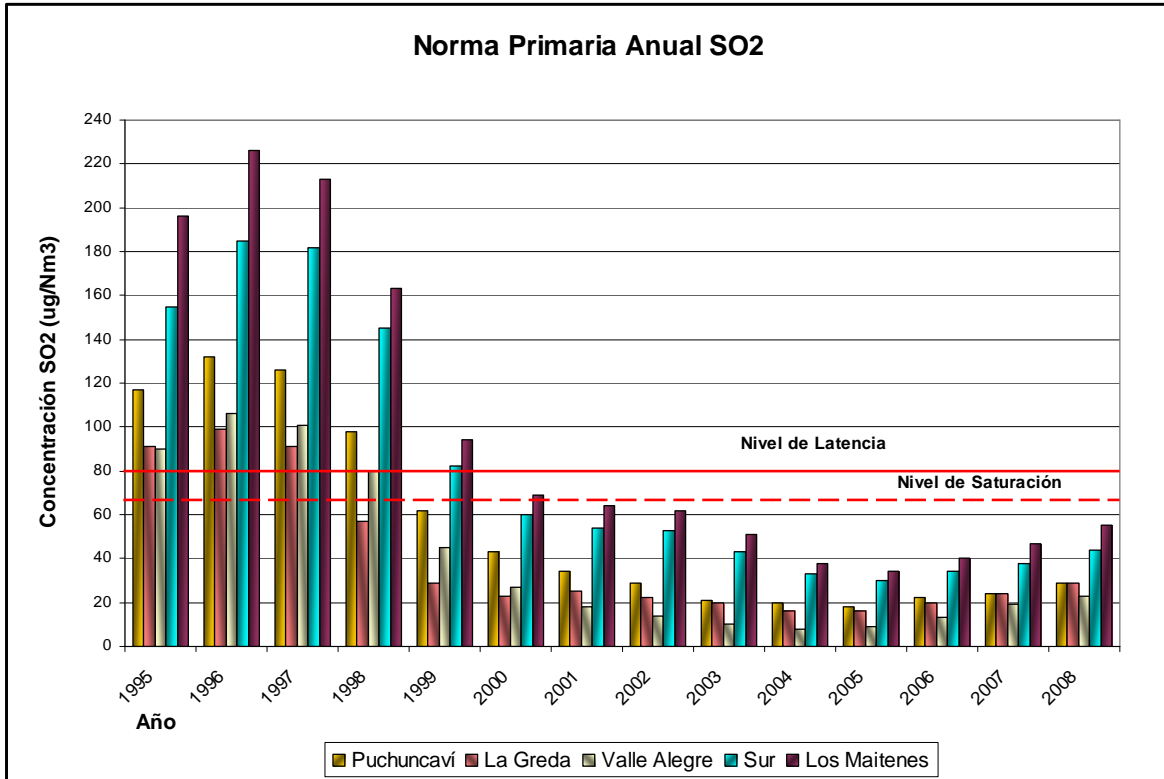
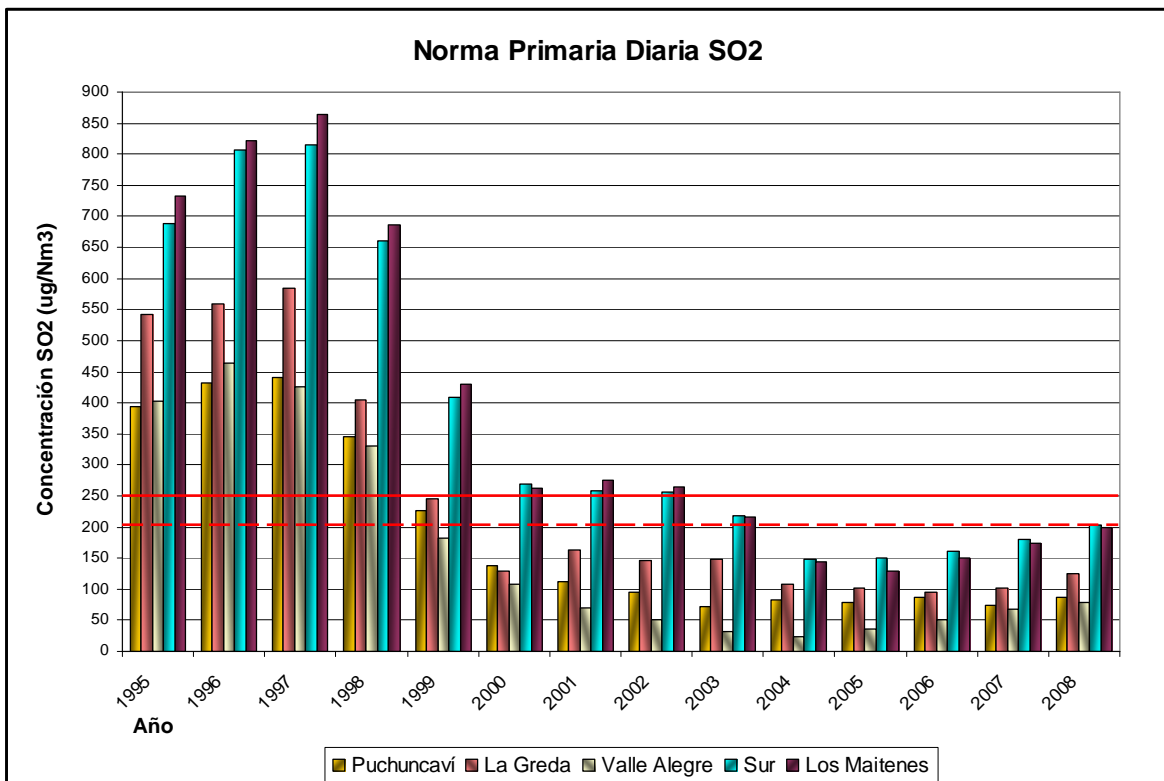


Gráfico 4-7
Cumplimiento de Norma Primaria Diaria de SO₂ Red Ventanas



4.3.1.3 Análisis de Tendencia por Estación de las Normas periodo 2000-2008

Desde los Grafico 4-8 al Gráfico 4-12 se muestra el comportamiento y la tendencia para las normas primarias y anual de Material Particulado y SO₂ durante el periodo 2000-2008, para cada una de las estaciones.

Gráfico 4-8
Tendencia Normas Primarias de Calidad del Aire Periodo 2000-2008
Estación Puchuncaví

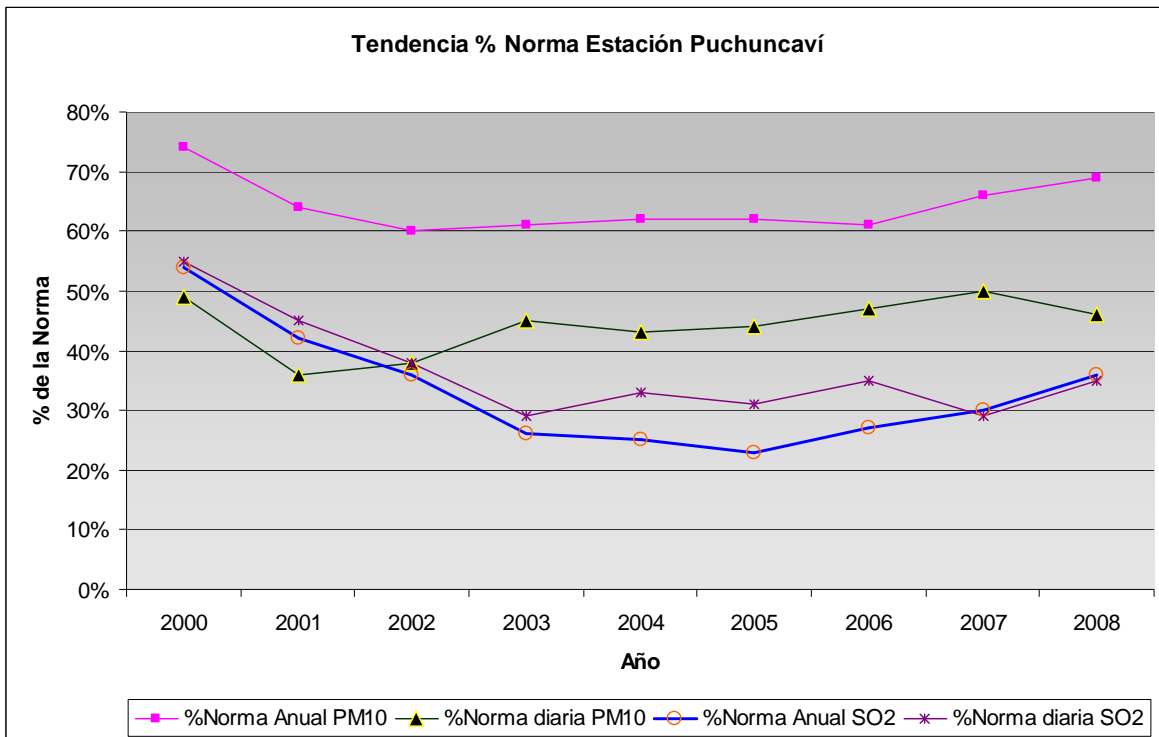


Gráfico 4-9
Tendencia Normas Primarias de Calidad del Aire Periodo 2000-2008
Estación La Greda

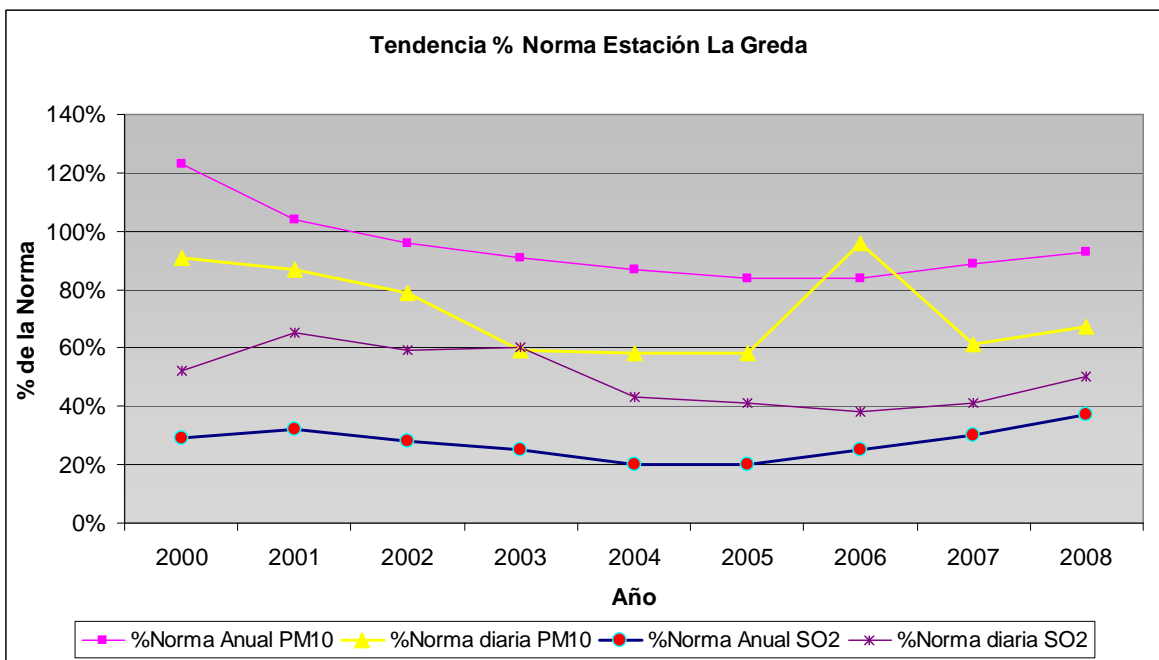


Gráfico 4-10
Tendencia Normas Primarias de Calidad del Aire Periodo 2000-2008
Estación Valle Alegre

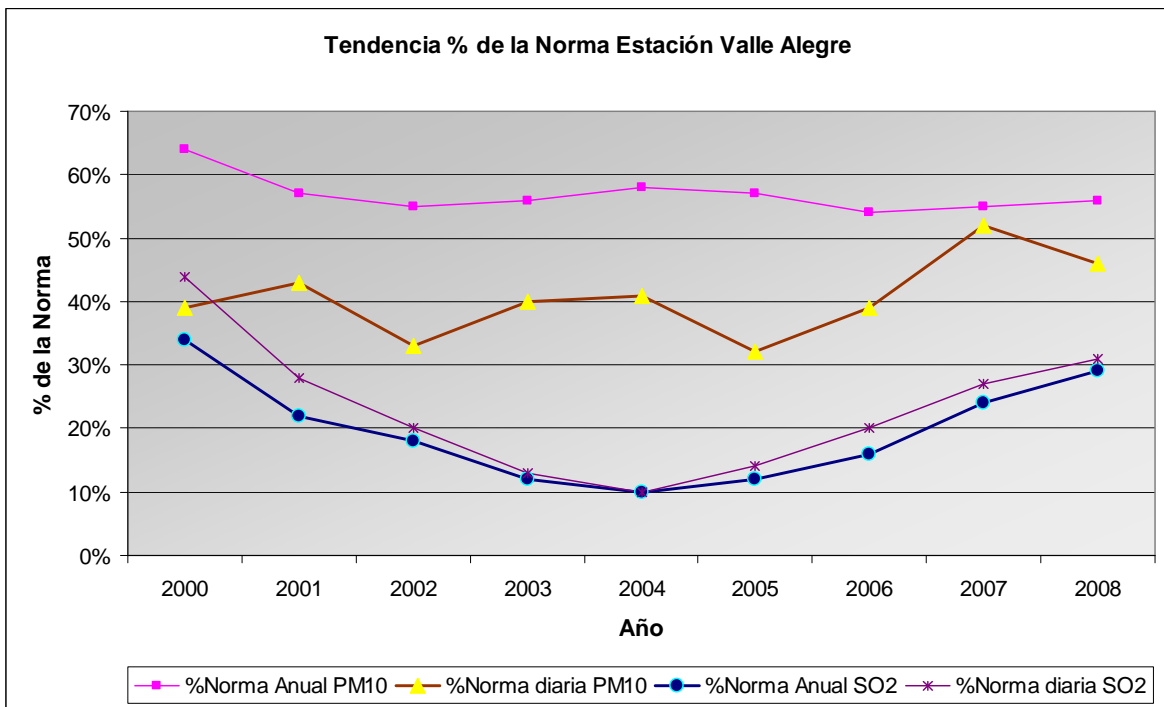


Gráfico 4-11
Tendencia Normas Primarias de Calidad del Aire Periodo 2000-2008
Estación Sur

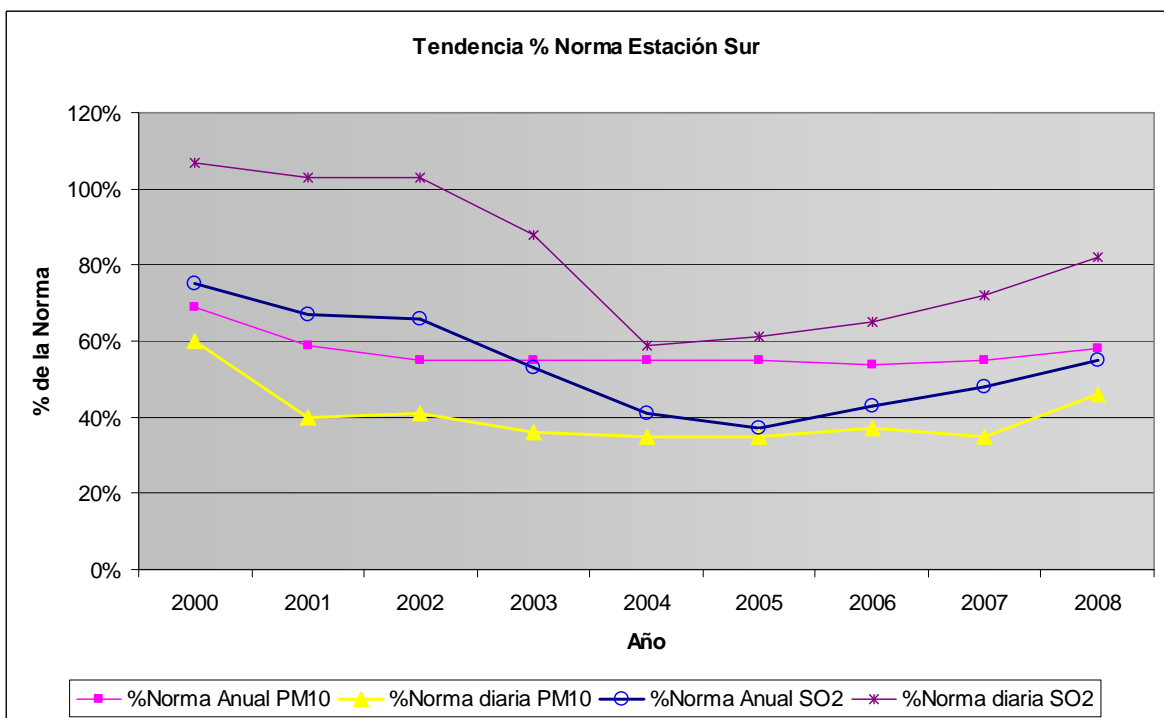
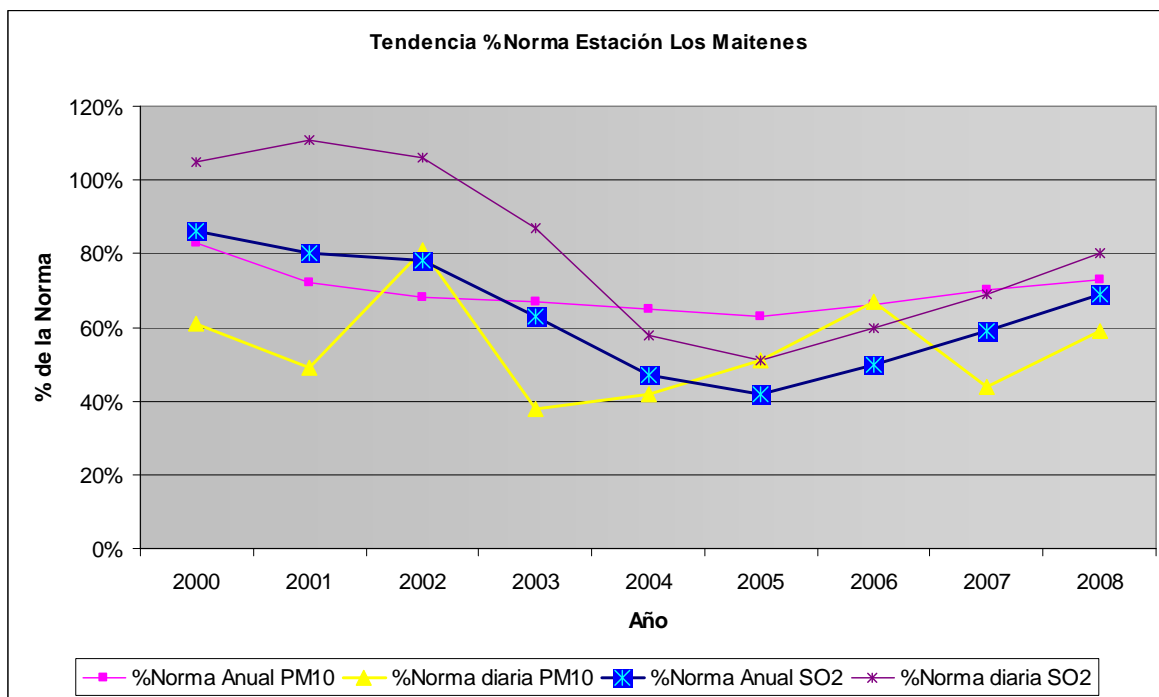


Gráfico 4-12
Tendencia Normas Primarias de Calidad del Aire Periodo 2000-2008
Estación Los Maitenes



De los gráficos anteriores, se observa para todas las estaciones una tendencia a incrementar los niveles de la Normativa Primaria D.S 113/02 y D.S 59/98 (% respecto de la norma) en la red Ventanas. Además, este incremento comienza a apreciarse entre el periodo 2004-2005.

Puchuncaví: Respecto del análisis anterior, se observa un incremento en los niveles de la norma anual y diaria de SO₂ y norma anual de MP₁₀. Respecto de la norma diaria de MP₁₀, ha tendido a disminuir en los últimos 8 años.

La Greda, Valle Alegre, Sur y Los Maitenes: En el caso de estas estaciones, se observa la tendencia al aumento en los niveles de las normas tanto diaria como anual para MP₁₀ y SO₂ respectivamente.

4.3.2 Norma Secundaria de Calidad del Aire

Las normas secundarias a evaluar en las estaciones de la Red Ventanas son:

- Norma Anual de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°185/91.
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°185/91.
- Norma Horaria de dióxido de azufre (SO₂), D.S. N°185/91.

Desde la Tabla 4-17a la Tabla 4-21, se evalúa los valores de la norma secundaria para SO₂ en la red ventana.

Tabla 4-17
Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO₂ Estación Puchuncavi

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Secundaria SO ₂ | | | | | | | |
|--------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|---------|-----------|
| | | | | Norma Anual | | Norma Diaria | | | Conc. Máx 1 Hora | | |
| | | | | Media Anual µg/m ³ | % Norma | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. |
| Puchuncaví | 1993 | 12 | 365 | 99 | 124% | 444 | 122% | 3 | 3554 | 355% | 107 |
| | 1994 | 12 | 365 | 115 | 144% | 565 | 155% | 5 | 3605 | 361% | 150 |
| | 1995 | 12 | 360 | 137 | 171% | 811 | 222% | 14 | 5471 | 547% | 199 |
| | 1996 | 12 | 366 | 144 | 180% | 790 | 216% | 19 | 4160 | 416% | 215 |
| | 1997 | 12 | 365 | 98 | 123% | 668 | 183% | 6 | 2962 | 296% | 106 |
| | 1998 | 12 | 365 | 52 | 65% | 263 | 72% | 0 | 2125 | 212% | 17 |
| | 1999 | 12 | 364 | 35 | 44% | 152 | 42% | 0 | 821 | 82% | 0 |
| | 2000 | 12 | 366 | 42 | 52% | 172 | 47% | 0 | 1414 | 141% | 2 |
| | 2001 | 12 | 365 | 24 | 30% | 140 | 38% | 0 | 1106 | 111% | 2 |
| | 2002 | 12 | 365 | 22 | 27% | 93 | 26% | 0 | 805 | 81% | 0 |
| | 2003 | 12 | 365 | 16 | 20% | 78 | 21% | 0 | 746 | 75% | 0 |
| | 2004 | 12 | 366 | 22 | 27% | 148 | 41% | 0 | 859 | 86% | 0 |
| | 2005 | 12 | 365 | 17 | 21% | 79 | 22% | 0 | 455 | 46% | 0 |
| | 2006 | 12 | 365 | 26 | 33% | 100 | 27% | 0 | 570 | 57% | 0 |
| | 2007 | 12 | 365 | 29 | 36% | 96 | 26% | 0 | 590 | 59% | 0 |
| 2008 | 12 | 365 | 31 | 39% | 104 | 28% | 0 | 1113 | 111% | 1 | |
| Limite Máximo Permisible | | | | 80 µg/m³ Año | | 365 µg/m³ Día | | | 1000 µg/m³ hora | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | 292 µg/m ³ | | | 800 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

Tabla 4-18
Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO₂ Estación La Greda

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Secundaria SO ₂ | | | | | | | |
|--------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|---------|-----------|
| | | | | Norma Anual | | Norma Diaria | | | Conc. Máx 1 Hora | | |
| | | | | Media Anual µg/m ³ | % Norma | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. |
| La Greda | 1993 | 12 | 364 | 83 | 104% | 1108 | 304% | 12 | 7003 | 700% | 142 |
| | 1994 | 12 | 365 | 67 | 83% | 686 | 188% | 5 | 3725 | 373% | 86 |
| | 1995 | 12 | 360 | 123 | 153% | 1229 | 337% | 24 | 8982 | 898% | 226 |
| | 1996 | 12 | 366 | 106 | 133% | 791 | 217% | 18 | 7427 | 743% | 176 |
| | 1997 | 12 | 365 | 43 | 54% | 538 | 147% | 5 | 7296 | 730% | 44 |
| | 1998 | 12 | 365 | 20 | 25% | 178 | 49% | 0 | 2399 | 240% | 9 |
| | 1999 | 12 | 364 | 24 | 30% | 283 | 78% | 0 | 2693 | 269% | 7 |
| | 2000 | 12 | 365 | 24 | 30% | 181 | 50% | 0 | 1690 | 169% | 9 |
| | 2001 | 12 | 365 | 27 | 34% | 320 | 88% | 0 | 2451 | 245% | 24 |
| | 2002 | 12 | 365 | 16 | 20% | 145 | 40% | 0 | 1618 | 162% | 4 |
| | 2003 | 12 | 365 | 16 | 21% | 168 | 46% | 0 | 1023 | 102% | 2 |
| | 2004 | 12 | 366 | 15 | 19% | 169 | 46% | 0 | 953 | 95% | 0 |
| | 2005 | 12 | 365 | 17 | 22% | 100 | 27% | 0 | 861 | 86% | 0 |
| | 2006 | 12 | 365 | 28 | 35% | 158 | 43% | 0 | 1529 | 153% | 2 |
| | 2007 | 12 | 365 | 27 | 34% | 224 | 61% | 0 | 1337 | 134% | 2 |
| 2008 | 12 | 365 | 33 | 42% | 268 | 74% | 0 | 2137 | 214% | 6 | |
| Limite Máximo Permisible | | | | 80 µg/m³ Año | | 365 µg/m³ Día | | | 1000 µg/m³ hora | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | 292 µg/m ³ | | | 800 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

Tabla 4-19
Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO₂ Estación Valle Alegre

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Secundaria SO ₂ | | | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|---------|-----------|
| | | | | Norma Anual | | Norma Diaria | | | Conc. Máx 1 Hora | | |
| | | | | Media Anual µg/m ³ | % Norma | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. |
| Valle Alegre | 1993 | 12 | 365 | 76 | 95% | 452 | 124% | 2 | 2896 | 290% | 60 |
| | 1994 | 12 | 365 | 90 | 112% | 745 | 204% | 7 | 2989 | 299% | 119 |
| | 1995 | 12 | 359 | 104 | 130% | 973 | 266% | 11 | 3176 | 318% | 184 |
| | 1996 | 12 | 366 | 124 | 155% | 1018 | 279% | 14 | 5881 | 588% | 238 |
| | 1997 | 12 | 365 | 74 | 93% | 439 | 120% | 2 | 3280 | 328% | 90 |
| | 1998 | 12 | 365 | 42 | 52% | 450 | 123% | 1 | 2768 | 277% | 20 |
| | 1999 | 12 | 364 | 20 | 25% | 140 | 38% | 0 | 947 | 95% | 0 |
| | 2000 | 12 | 366 | 20 | 25% | 112 | 31% | 0 | 627 | 63% | 0 |
| | 2001 | 12 | 365 | 14 | 17% | 62 | 17% | 0 | 520 | 52% | 0 |
| | 2002 | 12 | 365 | 9 | 11% | 71 | 19% | 0 | 258 | 26% | 0 |
| | 2003 | 12 | 365 | 7 | 9% | 49 | 13% | 0 | 205 | 21% | 0 |
| | 2004 | 12 | 366 | 7 | 9% | 46 | 13% | 0 | 284 | 28% | 0 |
| | 2005 | 12 | 365 | 13 | 16% | 96 | 26% | 0 | 412 | 41% | 0 |
| | 2006 | 12 | 362 | 18 | 22% | 79 | 22% | 0 | 417 | 42% | 0 |
| | 2007 | 12 | 365 | 25 | 31% | 108 | 30% | 0 | 507 | 51% | 0 |
| 2008 | 12 | 365 | 25 | 31% | 149 | 41% | 0 | 678 | 68% | 0 | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ Año | | 365 µg/m³ Día | | | 1000 µg/m³ hora | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | 292 µg/m ³ | | | 800 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

Tabla 4-20
Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO₂ Estación Sur

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Secundaria SO ₂ | | | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|---------|-----------|
| | | | | Norma Anual | | Norma Diaria | | | Conc. Máx 1 Hora | | |
| | | | | Media Anual µg/m ³ | % Norma | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. |
| Sur | 1993 | 7 | 212 | 135 | 169% | 736 | 202% | 18 | 4863 | 486% | 95 |
| | 1994 | 12 | 365 | 141 | 176% | 923 | 253% | 26 | 8535 | 854% | 239 |
| | 1995 | 12 | 360 | 188 | 235% | 1315 | 360% | 58 | 7586 | 759% | 388 |
| | 1996 | 12 | 366 | 227 | 284% | 1826 | 500% | 75 | 11619 | 1162% | 525 |
| | 1997 | 12 | 365 | 130 | 162% | 1166 | 319% | 25 | 6091 | 609% | 187 |
| | 1998 | 12 | 365 | 76 | 95% | 831 | 228% | 5 | 9048 | 905% | 77 |
| | 1999 | 12 | 364 | 41 | 52% | 278 | 76% | 0 | 1817 | 182% | 9 |
| | 2000 | 12 | 366 | 63 | 78% | 332 | 91% | 0 | 3205 | 321% | 24 |
| | 2001 | 12 | 365 | 57 | 71% | 578 | 158% | 2 | 4908 | 491% | 44 |
| | 2002 | 12 | 365 | 38 | 48% | 351 | 96% | 0 | 1904 | 190% | 7 |
| | 2003 | 12 | 365 | 33 | 41% | 181 | 50% | 0 | 1250 | 125% | 3 |
| | 2004 | 12 | 366 | 27 | 33% | 170 | 47% | 0 | 896 | 90% | 0 |
| | 2005 | 12 | 365 | 31 | 38% | 262 | 72% | 0 | 2973 | 297% | 1 |
| | 2006 | 12 | 363 | 46 | 58% | 252 | 69% | 0 | 1306 | 131% | 4 |
| | 2007 | 12 | 365 | 38 | 48% | 211 | 58% | 0 | 1200 | 120% | 3 |
| 2008 | 12 | 365 | 47 | 59% | 314 | 86% | 0 | 1854 | 185% | 10 | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ Año | | 365 µg/m³ Día | | | 1000 µg/m³ hora | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | 292 µg/m ³ | | | 800 µg/m ³ | | |

Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

Tabla 4-21
Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO₂ Estación Los Maitenes

| Estación | Año | N° Meses | Días Válidos | Norma Secundaria SO ₂ | | | | | | | |
|---------------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------|---------|-----------|
| | | | | Norma Anual | | Norma Diaria | | | Conc. Máx 1 Hora | | |
| | | | | Media Anual µg/m ³ | % Norma | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. | Máx. µg/m ³ | % Norma | N° Exced. |
| Los Maitenes | 1993 | 8 | 157 | 170 | 212% | 920 | 252% | 15 | 4040 | 404% | 169 |
| | 1994 | 12 | 364 | 179 | 224% | 811 | 222% | 40 | 8363 | 836% | 396 |
| | 1995 | 12 | 360 | 239 | 299% | 1215 | 333% | 84 | 6344 | 634% | 579 |
| | 1996 | 12 | 366 | 260 | 325% | 1247 | 342% | 92 | 7638 | 764% | 620 |
| | 1997 | 12 | 365 | 140 | 175% | 1071 | 294% | 25 | 10199 | 1020% | 275 |
| | 1998 | 12 | 365 | 89 | 111% | 482 | 132% | 2 | 6978 | 698% | 117 |
| | 1999 | 12 | 364 | 52 | 65% | 424 | 116% | 1 | 4883 | 488% | 27 |
| | 2000 | 12 | 366 | 66 | 82% | 400 | 109% | 1 | 3783 | 378% | 70 |
| | 2001 | 12 | 365 | 74 | 92% | 430 | 118% | 2 | 4031 | 403% | 105 |
| | 2002 | 12 | 365 | 48 | 59% | 270 | 74% | 0 | 1933 | 193% | 21 |
| | 2003 | 12 | 365 | 31 | 39% | 144 | 40% | 0 | 1674 | 167% | 9 |
| | 2004 | 12 | 366 | 34 | 43% | 253 | 69% | 0 | 4968 | 497% | 4 |
| | 2005 | 12 | 365 | 36 | 45% | 148 | 41% | 0 | 1707 | 171% | 2 |
| | 2006 | 12 | 365 | 50 | 62% | 204 | 56% | 0 | 1767 | 177% | 10 |
| 2007 | 12 | 365 | 55 | 69% | 265 | 73% | 0 | 2224 | 222% | 17 | |
| 2008 | 12 | 365 | 61 | 76% | 230 | 63% | 0 | 1584 | 158% | 17 | |
| Limite Máximo Permissible | | | | 80 µg/m³ Año | | 365 µg/m³ Día | | | 1000 µg/m³ hora | | |
| 80% de Norma | | | | 64 µg/m ³ | | 292 µg/m ³ | | | 800 µg/m ³ | | |

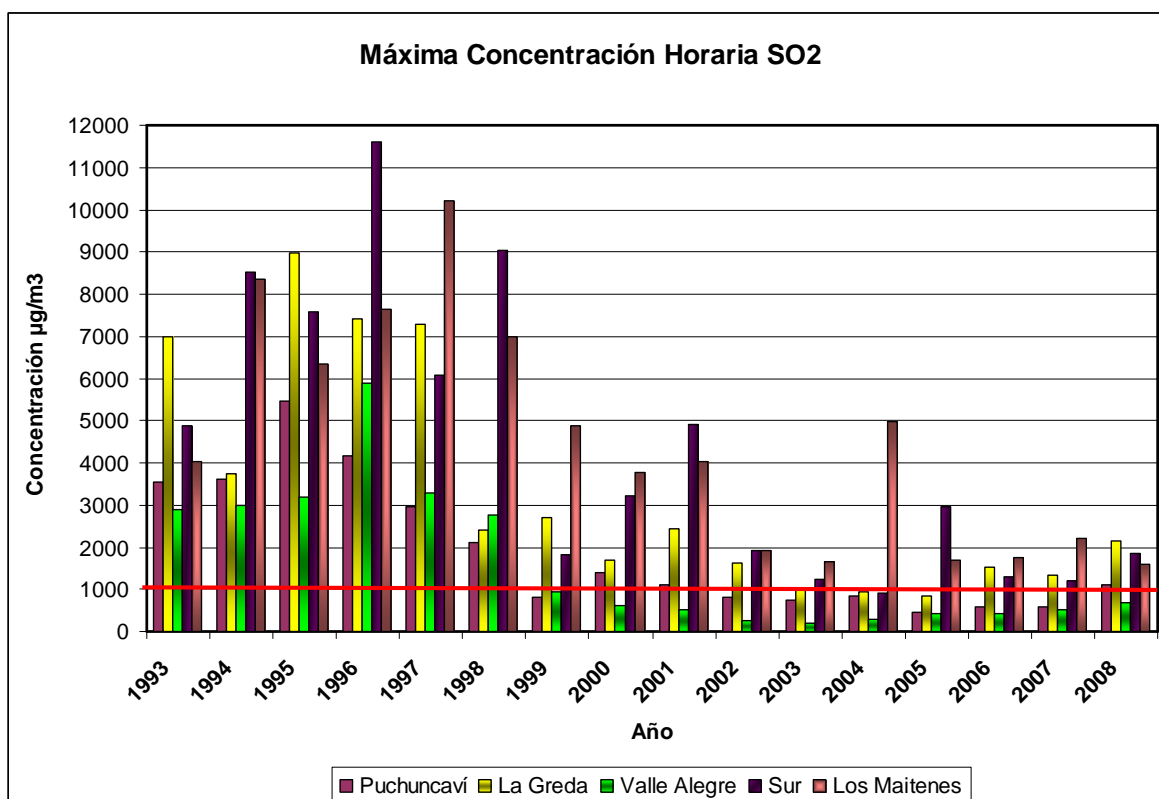
Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

En el Gráfico 4-13 se observa una disminución de la concentración máxima horaria registrada en la Red Ventanas en el período 1996 a 2006. Sin embargo, en todo el período de monitoreo se han registrando concentraciones sobre la norma horaria en al menos una estación de la Red Ventanas.

El número de excedencias se ve reducido desde el año 1996 (1766 excedencia) al 2005 (3 excedencias), sin embargo en el año 2008 este número incrementa llegando a registrarse 34 excedencias y 39 latencias.

Debido a que hasta la fecha de evaluación se sigue sobrepasando el nivel establecido por la norma horaria, la zona aun se encuentra con niveles de saturación para normativa secundaria de SO₂.

Gráfico 4-13
Red Ventana SO₂ Máxima Concentración Horaria (Norma Secundaria)



5 EPISODIOS CRITICOS O NIVELES DE EMERGENCIA

Los niveles de concentración horaria que generan situaciones de emergencia ambiental para Anhídrido Sulfuroso estaban definidos en el D.S. N°185/91 hasta el año 2002 y actualmente en el D.S. N°113/02. En la Tabla 5-1 se observan dichos niveles.

Tabla 5-1.
Niveles de Concentración Horaria que Generan Emergencia Ambiental

| DECRETO | ALERTA | ADVERTENCIA | EMERGENCIA |
|----------|---|---|---|
| N°185/91 | 1963 ug/m ³ N (0.75ppm) | 2618 ug/m ³ N (1.0 ppm) | 3927 ug/m ³ N (1.5 ppm) |
| N°113/02 | 1.962 - 2.615 µg/m ³ N (0,75 – 0,99 ppm) | 2.616 – 3.923 µg/m ³ N (1,0 – 1,499 ppm) | 3.924 µg/m ³ N o más (1,5 ppm o más) |

Fuente: D.S. 185/91 Ministerio de Minería.

D.S. 113/02 MINSEGEPRES. Este Decreto redefinió los episodios críticos como emergencias ambientales, catalogándolos como nivel 1, nivel 2 y nivel 3.

En la Tabla 5.2 se muestra el número de episodios críticos ocurridos desde 1993 a la fecha. Se observa una notoria disminución de los episodios críticos a partir de 1997 a la fecha, los que en su mayoría corresponden a alertas y advertencias. Se observa un comportamiento similar para el periodo 2007-2008, constatándose solo una alerta.

Tabla 5-2
Número de episodios críticos por tipo

| Decreto | Red | Año | Tipo de Episodio | | | Total |
|----------------|----------|------|------------------|-------------|-------------|------------|
| | | | Alerta | Advertencia | Emergencias | |
| D.S. 185/91 | Ventanas | 1993 | 69 | 25 | 5 | 99 |
| | | 1994 | 117 | 58 | 15 | 190 |
| | | 1995 | 196 | 130 | 48 | 374 |
| | | 1996 | 258 | 158 | 67 | 483 |
| | | 1997 | 75 | 41 | 17 | 133 |
| | | 1998 | 21 | 21 | 6 | 48 |
| | | 1999 | 5 | 1 | 1 | 7 |
| | | 2000 | 10 | 3 | 0 | 13 |
| | | 2001 | 21 | 12 | 3 | 36 |
| D.S. 113/02 | Ventanas | 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2003 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2004 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | 2005 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2007 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 2008 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Información Base: Información SAG V Región, SEREMI de Salud V Región, CONAMA V Región

6 CONCLUSIONES

6.1 METAS DE EMISIÓN.

- Las metas de reducción de emisiones de azufre, y por lo tanto de SO₂, fijadas por el **D.S. N° 252/92** a la Fundición y Refinería de Ventanas (FRV) han sido cumplidas siguiendo el cronograma de reducción establecido en dicho decreto y que establecía metas de emisión a cumplir hasta el año 1999.
- El límite de emisión de SO₂ fijado por el D.S. N° 252/92 a AES GENER S.A., de 1,13 Kg de SO₂ por millones de BTU, se cumple a partir del segundo semestre del año 1999. En el año 2008 se registran 4 excedencias a dicho límite.
- Las metas de reducción de emisiones de Material Particulado fijadas por el **D.S. N° 252/92** tanto a la Fundición y Refinería de Ventanas como a AES GENER S.A. han sido cumplidas por ambas empresas.

6.2 NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE

Del análisis de los monitoreos de la Red Ventanas en el período comprendido entre el año 1993 al 2008 se concluye lo siguiente en lo que respecta a las normas primarias de calidad del aire (diarias y anuales):

- **Norma de SO₂ anual D.S.N°113/02**, se cumple y las concentraciones registradas están bajo el nivel de saturación y latencia.
- **Norma de SO₂ diaria D.S.N°113/02**, dos estaciones están en condiciones de latencia.
- **Norma de MP₁₀ diaria, D.S.N°59/98**, se cumple y las concentraciones registradas están bajo el nivel de saturación y latencia.
- **Norma de MP₁₀ anual, D.S.N°45/01** se registran niveles bajo saturación, pero sobre latencia.

En particular con respecto a cada norma primaria de calidad del aire, se puede concluir lo siguiente.

6.2.1 Norma de Calidad Primaria para Material Particulado MP₁₀

5.2.1.1 Norma Diaria de MP₁₀

- Año 2000: Todas las estaciones están bajo el nivel de saturación
- Periodo 2003-2008: Las 5 estaciones registraron nivel bajo latencia a partir del año 2003. Sin embargo, la Estación La Greda presentó latencia a la Norma Diaria en el año 2006 y bajo latencia durante el periodo 2007-2008.

5.2.1.1 Norma Anual de MP₁₀

- Periodo 2002-2008: A partir de este año, 4 de las 5 las estaciones están bajo el nivel de saturación a. Sin embargo, la estación **La Greda** registra concentraciones sobre el nivel de latencia desde el año 1993 hasta el año 2006, presentando en el año 2008, niveles cercanos a la saturación con un 93% de la norma.

6.2.2 Norma de Calidad Primaria para Anhídrido Sulfuroso SO₂

La norma de SO₂ establecidos por la normativa vigente D.S. N°113/02, comenzó a ser aplicable a partir del 06 de Marzo del 2006. A partir del análisis de los datos disponible es posible concluir lo siguiente.

5.2.2.1 Norma Anual de SO₂

- En lo que respecta al límite de concentración anual de SO₂, a partir del año 2000 la Red Ventanas registra valores bajo el nivel de saturación, y a partir del año 2002 bajo el nivel de latencia.

5.2.2.1 Norma Diaria de SO₂

- En lo que respecta al límite de concentración diaria de SO₂, a partir del año 2003 la Red Ventanas registra valores bajo el nivel de saturación, y a partir del año 2004 bajo el nivel de latencia.
- Respecto al año 2008, se registraron 2 estaciones con niveles de latencia.

6.2.3. EPISODIOS CRÍTICOS

A partir de los datos evaluados, años 1997 a 2006, se observa una disminución de los episodios críticos a partir de 1997 a la fecha. La mayoría de los episodios críticos corresponden a alertas y advertencias.

Se observa un comportamiento similar para el periodo 2007-2008, constatándose solo un episodio crítico correspondiente a alerta ambiental.

6.3 NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DEL AIRE

Respecto a la norma de calidad secundaria, se observa un incumplimiento de la norma horaria de SO₂ desde el año 1993 al 2008, Las concentraciones registradas se encuentran sobre el nivel de saturación.

Durante el año 2008, se registró un valor máximo de 2137 µg/m³ en la estación La Greda, situación que no se manifestaba desde el año 2001 cuyo valor alcanzó un máximo de 2451 µg/m³. Se debe destacar que en todo el período de monitoreo, se han registrando concentraciones sobre la norma horaria en al menos una estación de la Red Ventanas.

En lo que respecta al número de excedencias, se constata una drástica reducción de excedencias durante el periodo (1993-2001). Durante el año 2008 se observan 37 excedencias constatando que el nivel de estas, se elevó respecto de los 3 años anteriores según se indica en el Gráfico 6-1.

7 RECOMENDACIONES

Atendiendo a los antecedentes expuestos en esta evaluación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Dar origen a la reformulación del plan de descontaminación en virtud del escenario actual en materia de calidad del aire en la zona, donde se registra el cumplimiento del cronograma de reducción de emisiones de Anhídrido Sulfuroso (SO₂) y Material Particulado (MP₁₀) para las empresas contempladas en el plan, y el empeoramiento paulatino de la calidad del aire durante los últimos 4 años.
- No modificar la condición de la zona establecida por el D.S. N°346/94, hasta no haber realizado la actualización del Plan de Descontaminación de Ventanas planteada en el punto anterior, en donde deberán quedar establecidos los nuevos límites de emisión asociados tanto a las fuentes que han sido parte del Plan, como a otras fuentes establecidas en la zona no consideradas en éste. Así mismo se deberán establecer los mecanismos de ingreso para fuentes nuevas y la incorporación el monitoreo y/o análisis de metales pesados y arsénico contenidas en el material particulado (análisis receptor).
- En virtud de que aun se registran excedencias horarias, y considerando que aun está vigente el D.S. N°185/91, se debe continuar con el Plan de Acción Operacional Ante Episodios Críticos aprobado por la Autoridad Sanitaria según Resolución N° 2161/95 del 18/07/1995.

ANEXOS

I. MAPA ZONA SATURADA Y ESTACIONES RED VENTANAS

Figura 1. Zona Saturada Establecida por D.S. N°346 y Cumplimiento de Normativa Estaciones de Red Ventanas, 2008.

