



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE SALUD  
Secretaría Regional Ministerial de Salud  
Región de Valparaíso



GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE CHILE  
SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO

**INFORME DE SEGUIMIENTO  
PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS  
1993-2006**

**Informe Diciembre de 2007**

## RESUMEN EJECUTIVO

En la zona de Ventanas se ubican la Central Ventanas en la actualidad propiedad de AES GENER S.A. (Ex CHILGENER) y la División Ventanas de CODELCO Chile (Ex Fundición y Refinería Ventanas de ENAMI). La primera corresponde a una central termoeléctrica a carbón y la segunda una fundición de cobre.

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 declaró la zona como saturada por material particulado respirable (MP<sub>10</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) el año 1994.

Las empresas señaladas ya habían presentado un Plan de Descontaminación que fue aprobado por el D.S. N°252/92 el año 1993. Conjuntamente el Decreto fijaba un cronograma de reducción de emisiones de SO<sub>2</sub> y MP<sub>10</sub>, el cual fijaba metas de emisión de Azufre hasta el año 1998 y de material particulado hasta el año 1999.

Las principales medidas implementadas por CHILGENER consideraron la instalación de un precipitador electrostático y la disminución del contenido de azufre y ceniza en el carbón. Dichas medidas fueron implementadas entre los años 1995 y 1996. En el caso de la Fundición Ventanas de ENAMI, las medidas incluyeron la implementación de una Planta de Ácido Sulfúrico, la instalación de un horno eléctrico, así como el manejo de los gases de los Convertidores y el Horno Eléctrico. Dichos cambios fueron implementados entre los años 1996 y 1999.

Las medidas implementadas produjeron una significativa reducción de las emisiones de material particulado y SO<sub>2</sub> en la zona de Ventanas. En lo que respecta a material particulado, a partir del año 2000 las emisiones se encuentran por debajo de las 1.500 Ton/año, lo que representa un 37.5 % de las emisiones autorizadas por el Plan de Descontaminación. Esto representa una reducción aproximada de un 94,4 % respecto a las emisiones medidas el año 1994 (26.705 Ton/año).

En lo que respecta a SO<sub>2</sub>, a partir del año 2000 las emisiones se encuentran bajo la 40.000 Ton/año, lo que representa un 32% de las emisiones del año 1996, o lo que es equivalente una reducción aproximada de un 68% de las emisiones de SO<sub>2</sub> de la zona.

Del análisis de los monitoreos de la Red Ventanas en el período comprendido entre los años 1993 y 2006 se concluye lo siguiente:

### Normas Primarias

- Norma primaria de SO<sub>2</sub> diaria (D.S.N°113/02): Se observan niveles bajo saturación a partir del año 2003 y bajo latencia a partir del año 2004 en adelante.
- Norma primaria de SO<sub>2</sub> 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 MP<sub>10</sub> diaria (D.S.N°59/ 98): Se observa niveles bajo saturación a partir del año 2000. A partir del año 2003 se observan valores bajo el nivel de latencia, sin embargo el año 2006 se registran valores sobre el nivel de latencia en la estación La Greda.
- Norma primaria Anual de MP<sub>10</sub> (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.

### Normas Secundarias

Respecto de la norma de calidad de aire secundaria, se observa un incumplimiento de la norma horaria de SO<sub>2</sub>. 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:

- 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, 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. Para la redefinición del Plan se considerarán todos los estudios que proceden efectuar, como por ejemplo, el estudio "Inventario de Emisiones de la Zona de Ventanas y Estimación de su Impacto en la Calidad del Aire", que actualmente lleva a cabo DICTUC, y el que debe estar concluido a principios del 2008.
- No modificar los límites de la zona establecida por el D.S. N°346/94 hasta no contar con antecedentes para definir los límites de la nueva zona, entre los que se tomarán en cuenta el estudio señalado en el punto anterior y con el que se espera lograr definir las responsabilidades de las emisiones de las fuentes en el área, con objeto de desarrollar nuevas medidas para recuperar los niveles de calidad del aire en la zona y redefinir el Plan de Descontaminación del Complejo Industrial Las Ventanas establecido por el D.S. N° 252/92.
- 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  
1999-2006**

**Informe Diciembre de 2007**

## INDICE GENERAL

1.	ANTECEDENTES GENERALES.....	1
2.	PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS.....	2
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.	REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	6
3.2.	CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE EMISIONES .....	8
3.2.1.	Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado ENAMI .....	8
3.2.2.	Cumplimiento de Emisiones de SO <sub>2</sub> CODELCO .....	9
3.2.3.	Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. ....	10
3.2.4.	Cumplimiento de Emisiones de SO <sub>2</sub> AES GENER S.A.....	11
4.	CALIDAD DEL AIRE.....	13
4.1.	NORMATIVA DE CALIDAD DE AIRE VIGENTE .....	13
4.1.1.	Normativa de SO <sub>2</sub> .....	13
4.1.2.	Normativa de MP10 .....	14
4.2.	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA DE CALIDAD DEL AIRE.....	16
4.2.1.	Análisis General de Calidad del Aire en Red Ventanas .....	16
4.2.1.1.	Cumplimiento de Normas Primarias Vigentes .....	16
4.2.1.2.	Cumplimiento de Normas Secundaria .....	18
4.3.	Análisis por Estaciones de la Calidad del Aire .....	19
4.3.1.	Normas Primarias .....	19
4.3.1.1.	Concentraciones de MP10.....	19
4.3.1.2.	Concentraciones de SO <sub>2</sub> Norma Primaria .....	24
4.3.1.3.	Concentraciones de SO <sub>2</sub> Norma Secundaria.....	28
5.	EPISODIOS CRITICOS.....	32
6.	CONCLUSIONES .....	34
6.1.	METAS DE EMISIÓN. ....	34
6.2.	NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE.....	34
6.2.1.	Norma de Primaria de MP10.....	34
6.2.2.	Norma de Primaria de SO <sub>2</sub> .....	34
6.2.3.	Episodios Críticos .....	35
6.3.	NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DEL AIRE .....	35
7.	RECOMENDACIONES .....	36

**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 .....	6
Tabla 3-2 Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas .....	8
Tabla 3-3 Emisiones de Azufre y SO <sub>2</sub> de CODELCO División Ventanas v/s Meta de Emisión .....	9
Tabla 3-4 Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. ....	10
Tabla 3-5 Cumplimiento de Norma de Emisión por AES GENER S.A.....	11
Tabla 3-6 Emisiones de SO <sub>2</sub> v/s Generación de AES GENER S.A. ....	11
Tabla 4-1 Norma de Calidad del Aire para SO <sub>2</sub> establecida por el D.S. N°185/91 .....	13
Tabla 4-2 Normas de Calidad de Aire de SO <sub>2</sub> Vigentes Contenidas en el D.S. 113/02 y D.S. 185/91. ....	13
Tabla 4-3 Norma de Calidad de Aire para MP <sub>10</sub> establecida por D.S. N°185/91 .....	14
Tabla 4-4 Norma de Calidad de Aire para MP <sub>10</sub> establecida por D.S. N°59/98 y D.S. N°45/01.....	14
Tabla 4-5 Máximo Nivel de Normativa Primaria D.S 113/02 59/98 y 45/01 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma) .....	16
Tabla 4-6 Nivel de Normativa Secundaria D.S 185/91 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma).....	18
Tabla 4-7 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP <sub>10</sub> Estación Puchuncaví. ....	20
Tabla 4-8 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP <sub>10</sub> Estación La Greda .....	20
Tabla 4-9 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP <sub>10</sub> Estación Valle Alegre .....	21
Tabla 4-10 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP <sub>10</sub> Estación Sur .....	21
Tabla 4-11 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de MP <sub>10</sub> Estación Los Maitenes.....	22
Tabla 4-12 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO <sub>2</sub> Estación Puchuncavi .....	24
Tabla 4-13 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO <sub>2</sub> Estación La Greda.....	24
Tabla 4-14 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO <sub>2</sub> Estación Valle Alegre .....	25
Tabla 4-15 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO <sub>2</sub> Estación Sur .....	25
Tabla 4-16 Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO <sub>2</sub> Estación Los Maitenes.....	26
Tabla 4-17 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO <sub>2</sub> Estación Puchuncavi.....	28
Tabla 4-18 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO <sub>2</sub> Estación La Greda .....	29
Tabla 4-19 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO <sub>2</sub> Estación Valle Alegre .....	29
Tabla 4-20 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO <sub>2</sub> Estación Sur .....	30
Tabla 4-21 Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO <sub>2</sub> Estación Los Maitenes .....	30
Tabla 5-1 Niveles de Concentración Horaria que Generan Emergencia Ambiental .....	32
Tabla 5-2 Número de episodios críticos por tipo .....	32

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 Emisiones de Material Particulado AES GENER S.A. y ENAMI Fundición Ventanas.....	7
Gráfico 3-2 Emisiones de SO2 AES GENER S.A. y ENAMI Fundición Ventanas .....	7
Gráfico 3-3 Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas.....	8
Gráfico 3-4 Emisiones de azufre CODELCO Ventanas.....	9
Gráfico 3-5 Emisiones de Material Particulado de AES GENER S.A.....	10
Gráfico 3-6 Emisiones de SO2 de AES GENER S.A. ....	12
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) .....	17
Gráfico 4-2 Máximo Porcentaje de Norma Secundaria Anual y Diaria de Calidad del Aire Registrada en la Red Ventanas.....	18
Gráfico 4-3 Número Total de Excedencias de Norma Horaria Secundaria de SO2 Registradas en Red Ventanas (D.S. 185/91) .....	19
Gráfico 4-4 Red Ventanas MP10 Norma Primaria Diaria.....	23
Gráfico 4-5 Red Ventanas MP10 Norma Primaria Anual.....	23
Gráfico 4-6 Cumplimiento de Norma Primaria Anual SO2 Red Ventanas .....	27
Gráfico 4-7 Cumplimiento de Norma Primaria Diaria de SO2 Red Ventanas.....	27
Gráfico 4-8 Red Ventana SO2 Máxima Concentración Horaria (Norma Secundaria).....	31
Gráfico 4-9 Número Total de Excedencias Norma Secundaria Horaria SO2 Red Ventanas	31
Gráfico 5-1 Excedencias a Norma Secundaria de SO2 por Tipo de Evento .....	33

### ANEXO

#### I. MAPAS ZONA SATURADA Y ESTACIONES RED VENTANAS

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

De acuerdo a 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 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 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.

En cumplimiento con el artículo 4º transitorio del D.S. 185/91, las empresas presentaron un Plan de Descontaminación, el que fue aprobado por el D.S. Nº 252/92 (D.O. 02.03.93), del Ministerio de Minería suscrito por los Ministerios de Hacienda, Salud, Agricultura y Economía.

Debido a las excedencias a las normas de calidad de aire, el Ministerio de Agricultura mediante el D.S. Nº 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 Pacifico 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 Nº 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.

## 2. PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS

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 Ventanas<sup>1</sup> y la Planta Termoeléctrica CHILGENER S.A.<sup>2</sup>". 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 (MP<sub>10</sub>) y Anhídrido Sulfuroso (SO<sub>2</sub>) a más tardar el 1° de Enero de 1995 para MP<sub>10</sub> y 30 de Junio de 1999 para SO<sub>2</sub>. Estableciendo además metas de reducción de emisiones para azufre<sup>1</sup> y MP10.

### 2.1. CRONOGRAMA DE REDUCCION DE EMISIONES DE AZUFRE

Decreto Supremo N°252/92 estableció la exigencia de reducción de azufre como elemento formador de SO<sub>2</sub>, 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 SO<sub>2</sub> 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 Azufre	VENTANAS	
	Ton/año	Ton/día*	
1993	62.000	170	Se deberá cumplir con la norma de emisión de: 1,13 Kg de SO <sub>2</sub> por millón de BTU
1994	62.000	170	
1995	62.000	170	
1996	62.000	170	
1997	62.000	170	
1998	45.000	123	

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

<sup>1</sup> Actual CODELCO División Ventanas

<sup>2</sup> Actualmente AES GENER S.A.

<sup>1</sup> En un proceso térmico en que participen combustibles o materias primas con azufre, se emite SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub>.

## 2.2. CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

El Decreto Supremo N°252/92 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 N°252/92 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 N° 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 SO<sub>2</sub> detecta una concentración promedio minuto de 1500 ug/m<sup>3</sup>, siendo ésta menor al nivel de concentración horaria para decretar la alerta, es decir 1962 ug/m<sup>3</sup>.

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 dichas acciones se basó en una modificación importante del proceso de producción, así como la implementación de sistemas de captación de emisiones de SO<sub>2</sub>.

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 SO<sub>2</sub> 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**

N°	Inversiones	Costo \$US	Fecha de Implementación		Reducción <sup>1,2</sup> Emisiones Azufre	Reducción <sup>1,2</sup> 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	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>55.970.822</b>			<b>43.551</b>	<b>3.203</b>

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**

<b>Nº</b>	<b>Inversión</b>	<b>US\$</b>
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 precipitadotes	1.950.000
5	Construcción de la red de calidad del aire en conjunto con ENAMI	500.000
<b>Total</b>		<b>18.500.000</b>
<b>Nº</b>	<b>Acciones Operacionales</b>	<b>US\$/Año</b>
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
<b>Total</b>		<b>16.040.000</b>

### 3. EMISIONES

#### 3.1. REDUCCIÓN DE EMISIONES

En la Tabla 3-1 se muestran la evolución de las emisiones de la Termoeléctrica Ventanas de AES GENER S.A. y de CODELCO División Ventanas. En ella se observa que históricamente la mayor participación en las emisiones de Material Particulado pertenece a AES GENER S.A. mientras que en dióxido de azufre SO<sub>2</sub> pertenece a ENAMI Fundición Ventanas. En el Gráfico 3-1 se muestra la evolución de las emisiones de material a material particulado en el período 1994 a 2006.

En el período 1994 a 1996 se produjo una significativa reducción de emisiones de material particulado (26.705 Ton/año a 3.870 Ton/año, respectivamente), lo que coincidió 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. Posterior al año 1998 se vuelve a manifestar una reducción de emisiones del SO<sub>2</sub>, por parte de ENAMI, lo que coincide con la implementación de las modificaciones realizadas en la fundición, destinadas a la captación directa de emisiones de SO<sub>2</sub> e indirectamente a la disminución de Material Particulado. A partir del año 2000 las emisiones de material particulado se encuentran por debajo de las 1.500 Ton/año llegando a 668 toneladas anuales en el año 2006, lo que representa un 2,5% de las emisiones del año 1996, o lo que es equivalente una reducción aproximada de un 97,5 % en las emisiones de material particulado de la zona.

Respecto de la reducción de las emisiones de anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), 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 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 2006 a 35.763 Ton anuales, lo que representa un 28,3 % de las emisiones del año 1996, o lo que es equivalente una reducción aproximada de un 71,7 % de las emisiones de SO<sub>2</sub> de la zona.

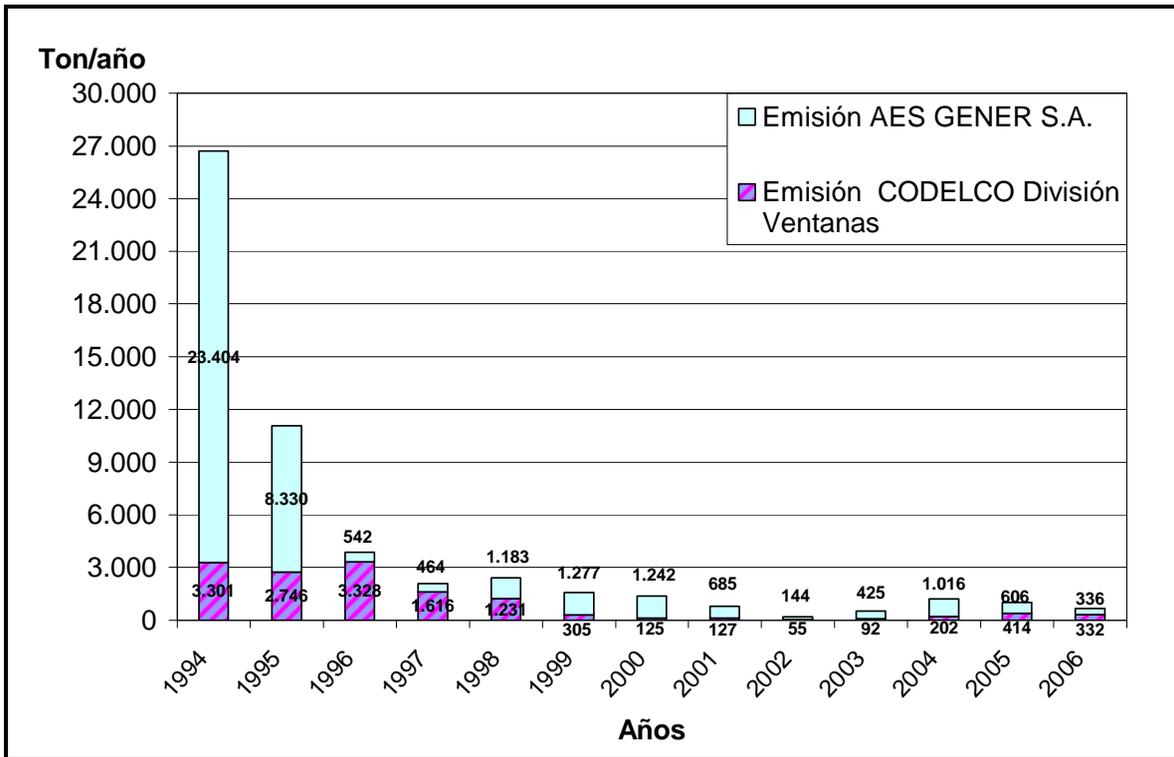
**Tabla 3-1**  
**Evolución de emisiones de AES GENER S.A. y CODELCO División Ventanas**

Año	Material Particulado		Anhídrido Sulfuros (SO <sub>2</sub> )		Emisión Total	
	GENER Ton/año	CODELCO Ton/año	GENER <sup>(1)</sup> Ton/año	CODELCO Ton/año	Material Particulado Ton/año	SO <sub>2</sub> 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

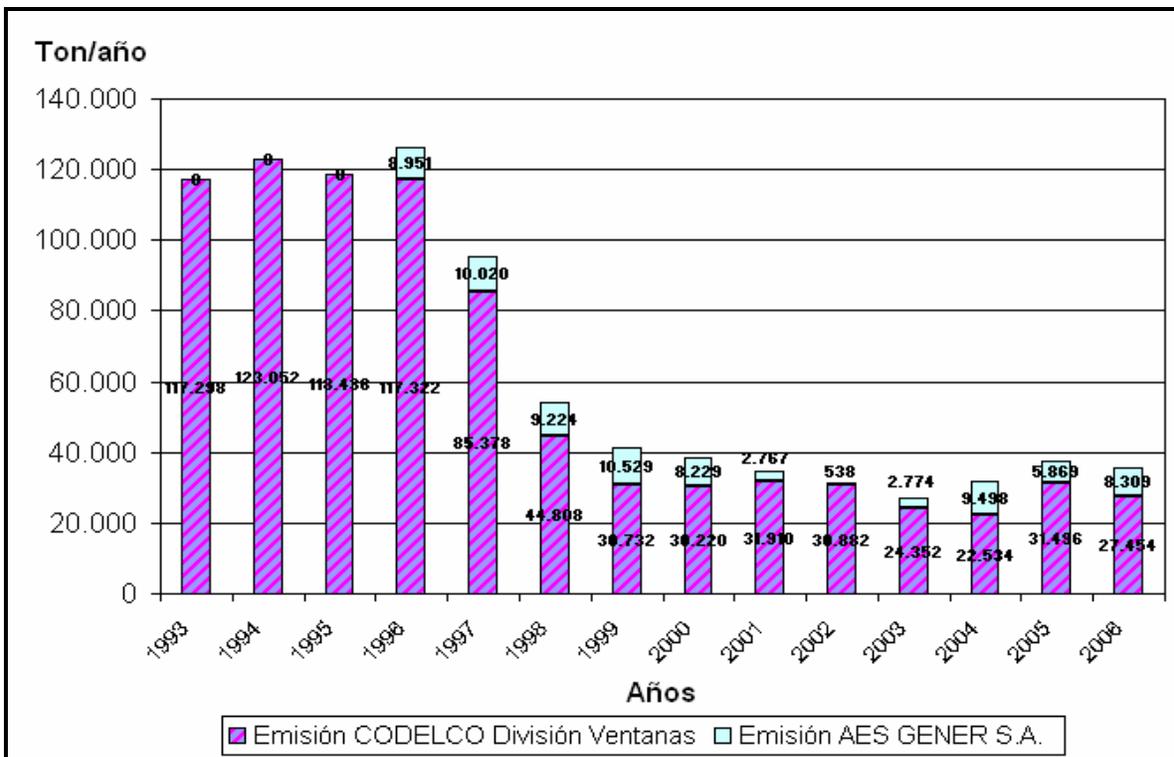
Fuente: AES GENER S.A. y ENAMI

(1) No se tienen datos de emisión antes del año 1996 pues los sensores de SO<sub>2</sub> en chimenea se instalaron en dicho año.

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



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



### 3.2. CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE EMISIONES

#### 3.2.1. Cumplimiento de Emisiones de Material Particulado ENAMI

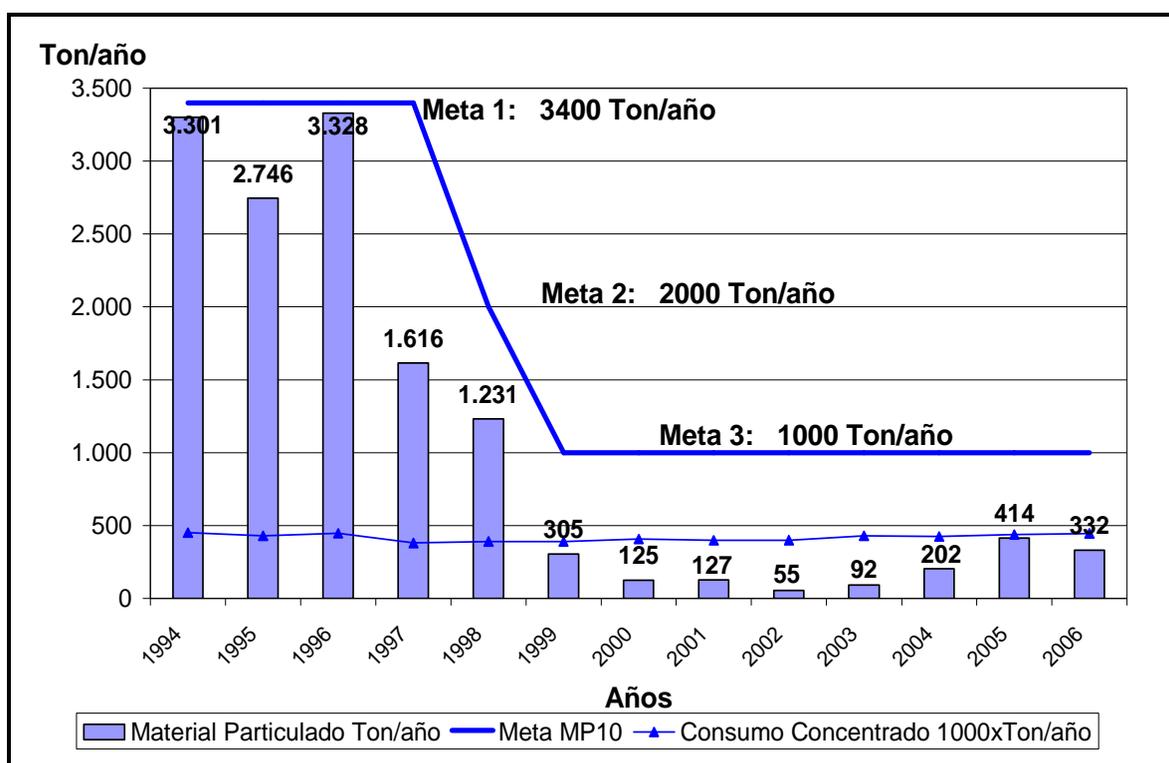
La División Ventanas ha cumplido con el plan de reducción de emisiones de material particulado a la atmósfera por chimenea. Sus emisiones a través del tiempo así como las metas de emisión pueden verse en la Tabla 3.2 y el Gráfico 3.3. Se puede observar que en los últimos 4 años la emisión de la División ha alcanzado un nivel no mayor al 45 % de la Meta de emisión establecida en el D.S. N° 252.

**Tabla 3-2**  
**Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas**

Año	Producción Concentrado Seco (Ton/año)	Emisiones de Material Particulado			Información
		Material Particulado Ton/año	Meta Ton/año	% Meta	
1994	450.825	3.301	3400	97	CIMM
1995	429.629	2.746	3400	81	CIMM
1996	446.452	3.328	3400	98	CIMM
1997	380.108	1.616	3400	48	CIMM
1998	390.788	1.231	2000	62	Proyecta Ingeniería
1999	389.633	305	1000	31	Proyecta Ingeniería
2000	406.332	125	1000	13	Proyecta Ingeniería
2001	398.247	127	1000	13	Proyecta Ingeniería
2002	400.039	55	1000	6	Proyecta Ingeniería
2003	429.003	92	1000	9	Proyecta Ingeniería
2004	424.255	202	1000	20	Proyecta Ingeniería/CIMM
2005	437.997	414	1000	41	CIMM
2006	445.077	332	1000	33	CIMM

Información Base: Informes de Monitoreos isocinéticos de PM<sub>10</sub> semestrales entregados a la Autoridad Sanitaria

**Gráfico 3-3**  
**Emisiones de Material Particulado de CODELCO Ventanas**



### 3.2.2. Cumplimiento de Emisiones de SO<sub>2</sub> CODELCO

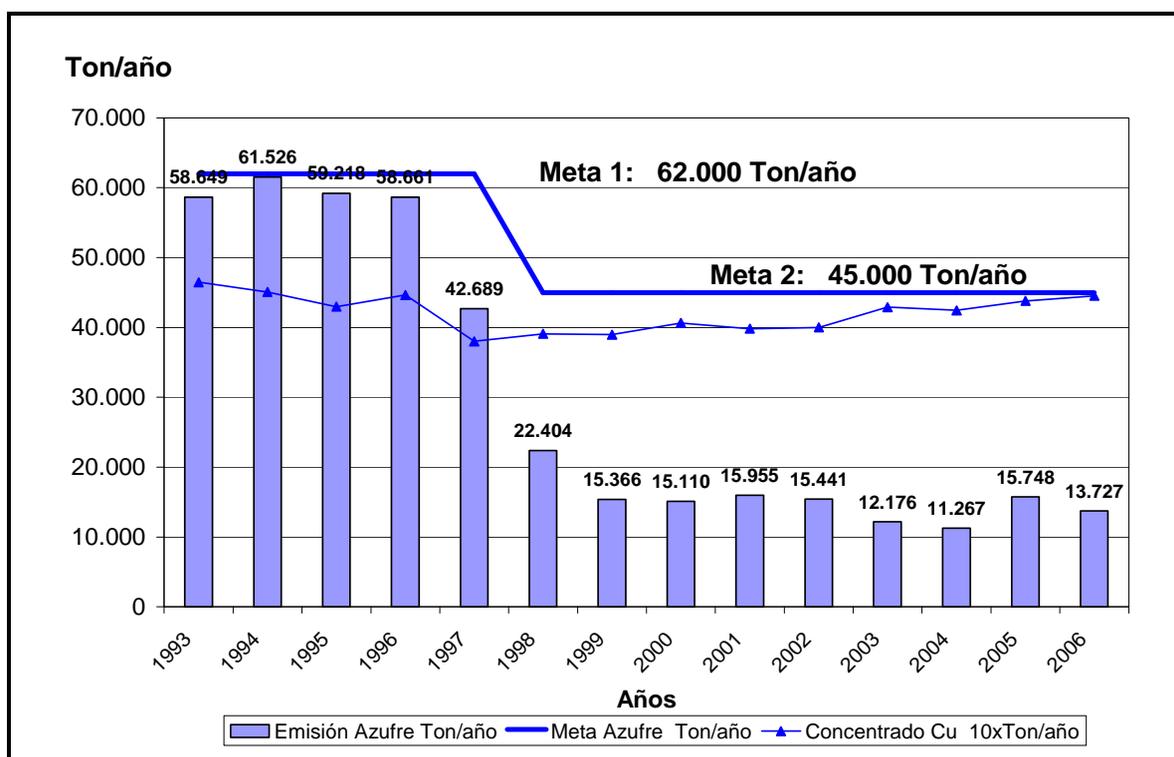
CODELCO División Ventanas de la ENAMI ha cumplido con el plan de reducción de azufre, y por lo tanto de emisiones de SO<sub>2</sub> a la atmósfera. Las emisiones de azufre a través del tiempo así como los límites de emisión pueden verse en la Tabla 3-3 y el Gráfico 3-4. Se puede observar que en los últimos 4 años la emisión promedio ha alcanzado un 30 % de la meta de emisión establecida en el D.S. N° 252.

**Tabla 3-3**  
**Emisiones de Azufre y SO<sub>2</sub> de CODELCO División Ventanas v/s Meta de Emisión**

Año	Producción	Emisiones de Azufre			Emisiones de SO <sub>2</sub>	
	Concentrado Seco (Ton/año)	Emisión Azufre Ton/año	Meta Azufre Ton/año	% Meta Azufre	Emisión SO <sub>2</sub> Ton/año	Meta SO <sub>2</sub> Ton/año
1993	464.656	58.649	62.000	95	117.298	124000
1994	450.825	61.526	62.000	99	123.052	124000
1995	429.629	59.218	62.000	96	118.436	124000
1996	446.452	58.661	62.000	95	117.322	124000
1997	380.108	42.689	62.000	69	85.378	124000
1998	390.788	22.404	45.000	50	44.808	90000
1999	389.633	15.366	45.000	34	30.732	90000
2000	406.332	15.110	45.000	34	30.220	90000
2001	398.247	15.955	45.000	35	31.910	90000
2002	400.039	15.441	45.000	34	30.882	90000
2003	429.003	12.176	45.000	27	24.352	90000
2004	424.255	11.267	45.000	25	22.534	90000
2005	437.997	15.784	45.000	35	31.496	90000
2006	445.077	13.727	45.000	31	27.454	90000

Información Base: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), EMAMI

**Gráfico 3-4**  
**Emisiones de azufre CODELCO Ventanas**



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

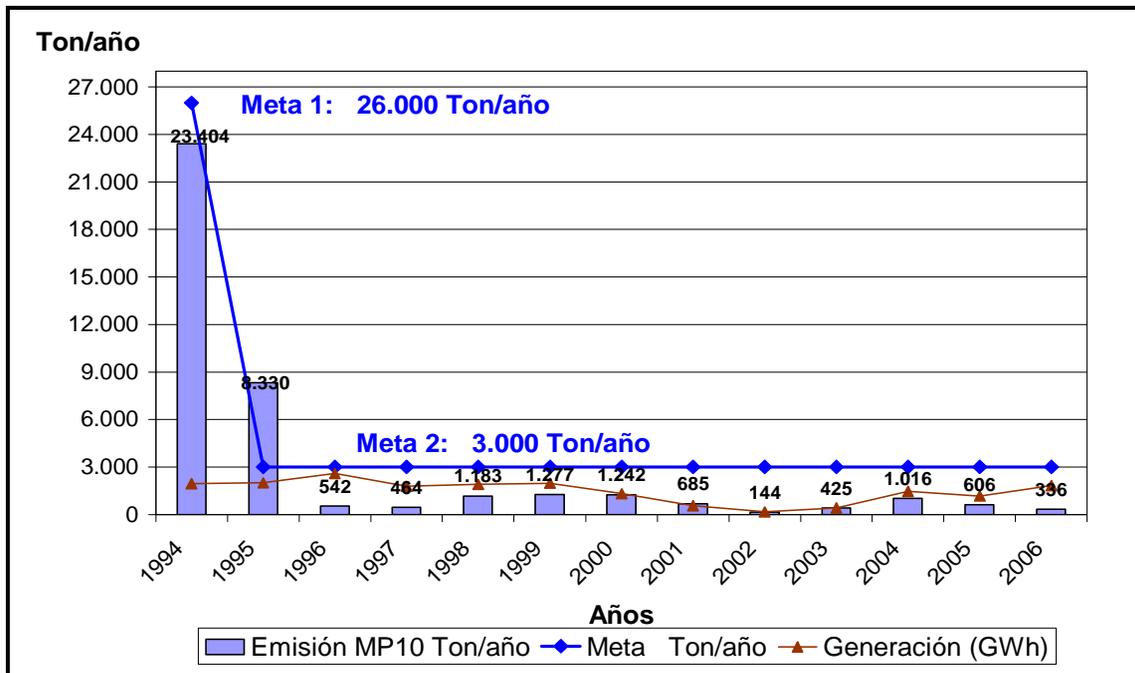
AES GENER S.A. ha cumplido con el plan de reducción de emisiones de Material Particulado a partir del año 1996. Las emisiones de Material Particulado a través del tiempo así como las cuotas de emisión pueden verse en la Tabla 3-4 y el Gráfico 3-5. Se puede observar que a partir del año 1999 la emisión se ha mantenido bajo el 43% de la emisión establecida en el D.S. N° 252.

**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

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

**Gráfico 3-5**  
**Emisiones de Material Particulado de AES GENER S.A.**



**3.2.4. Cumplimiento de Emisiones de SO<sub>2</sub> AES GENER S.A.**

Como se puede observar en la Tabla 3-5 , desde el año 2000 A.E.S GENER S.A. no ha excedido la norma de emisión de 1,13 (Kg de SO<sub>2</sub> por millones de BTU) establecida por el D.S. N° 252/92.

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

<b>Año</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Promedio Anual (Kg SO <sub>2</sub> /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
Valor Máx. Diario (Kg SO <sub>2</sub> /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
Mes del valor máximo <sup>1</sup>		Mar	Mar	May	Jun	Nov	May	Jun	Feb	Abr	May	Jun	Feb	Jul
N° veces excede Norma	-	10	0	1	1	6	8	0	0	0	0	0	0	0
Norma	1.13 Kg SO <sub>2</sub> /millón BTU													

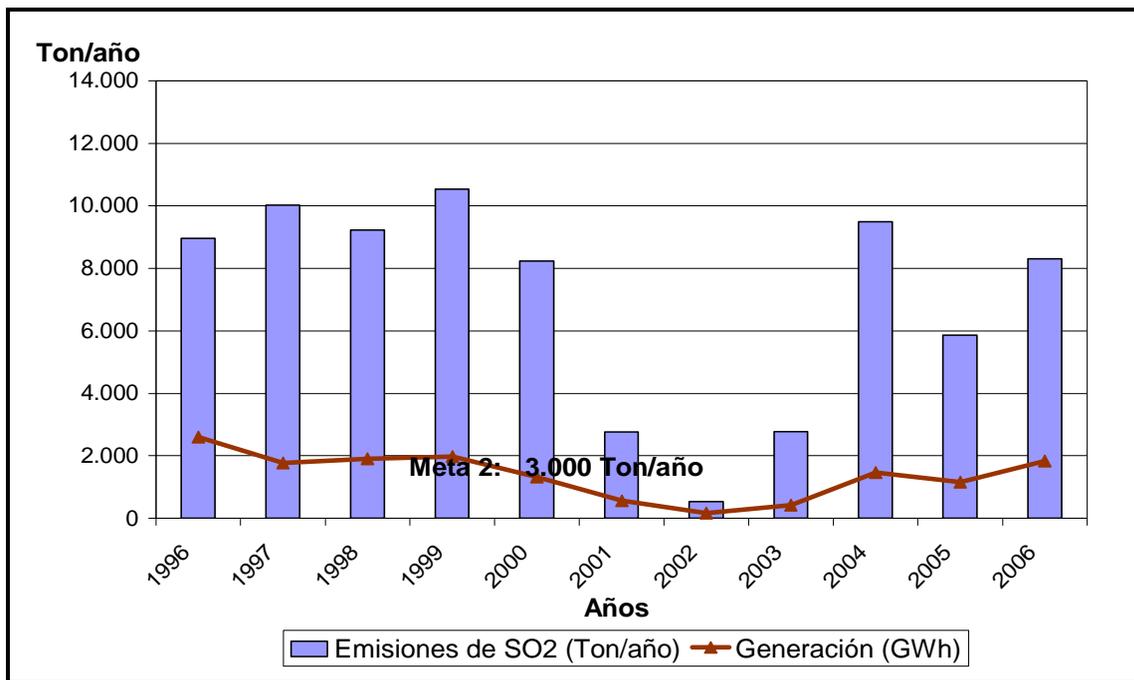
1. Mes en que se produjo el valor más alto  
Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

En la Tabla 3-6 y el Gráfico 3-6 se observa la evolución de las emisiones de SO<sub>2</sub> hasta el año 2006

**Tabla 3-6**  
**Emisiones de SO<sub>2</sub> v/s Generación de AES GENER S.A.**

<b>Año</b>	<b>Generación Bruta MWh</b>	<b>Generación Bruta GWh</b>	<b>Energía MMBtu</b>	<b>SO<sub>2</sub> Ton</b>
<b>1993</b>	1.238.062	1.238		
<b>1994</b>	1.946.187	1.946	16.554.989	
<b>1995</b>	1.995.210	1.995	18.361.932	
<b>1996</b>	2.601.345	2.601	23.759.411	8.951
<b>1997</b>	1.774.540	1.775	16.640.850	10.020
<b>1998</b>	1.902.893	1.903	18.320.596	9.224
<b>1999</b>	1.973.521	1.974	19.043.866	10.529
<b>2000</b>	1.319.186	1.319	12.473.437	8.229
<b>2001</b>	556.992	557	5.251.859	2.767
<b>2002</b>	176.278	176	1.679.643	538
<b>2003</b>	424.403	424	3.964.252	2.774
<b>2004</b>	1.464.321	1.464	13.561.844	9.498
<b>2005</b>	1.164.931	1.165	10.955.627	5.869
<b>2006</b>	1.835.916	1.836	17.056.963	8.309

**Gráfico 3-6**  
**Emisiones de SO2 de AES GENER S.A.**



## 4. CALIDAD DEL AIRE

### 4.1. NORMATIVA DE CALIDAD DE AIRE VIGENTE

#### 4.1.1. Normativa de SO<sub>2</sub>

Al momento de establecerse el plan de descontaminación, los límites de calidad de aire respecto a SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> N	Anual	Promedio Anual	D.S. N°185/91
	360 µg/m <sup>3</sup> N	24 Horas	Promedio 24 Horas	
Secundaria	1000 µg/m <sup>3</sup> N	1 Hora	Promedio de 1Hora	

El Decreto Supremo N°113/02 del MINSEGPRES "Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)", 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> N	Anual	Promedio de 3 años	D.S. N°113/02
	250 µg/m <sup>3</sup> N	24 horas	Promedio 3 años percentil 99 de los promedios de 24 horas	
Secundaria	80 µg/m <sup>3</sup> N	Anual	Promedio Anual	D.S. N°185/91
	360 µg/m <sup>3</sup> N	24 horas	Promedio 24 horas	
	1000 µg/m <sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2. Normativa de 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**

<b>Norma Primaria para MP<sub>10</sub> al iniciarse el Plan</b>
150 µg/m <sup>3</sup> 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**

<b>Tipo de Norma</b>	<b>Valor</b>	<b>Período de evaluación</b>	<b>Forma de verificación</b>
Primaria	150 µg/m <sup>3</sup>	Concentración de 24 hrs.	Percentil 98 de valores de un año o más de 7 días en un año
Primaria	50 µg/m <sup>3</sup>	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 MP<sub>10</sub> en el presente informe se ha realizado teniendo las siguientes consideraciones:

- El valor de concentración diaria de MP<sub>10</sub> 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. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA DE CALIDAD DEL AIRE

### 4.2.1. Análisis General de Calidad del Aire en Red Ventanas

#### 4.2.1.1. 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 (SO<sub>2</sub>), D.S. N°113/02 del MINSEGPRES.
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), D.S. N°113/02 del MINSEGPRES.

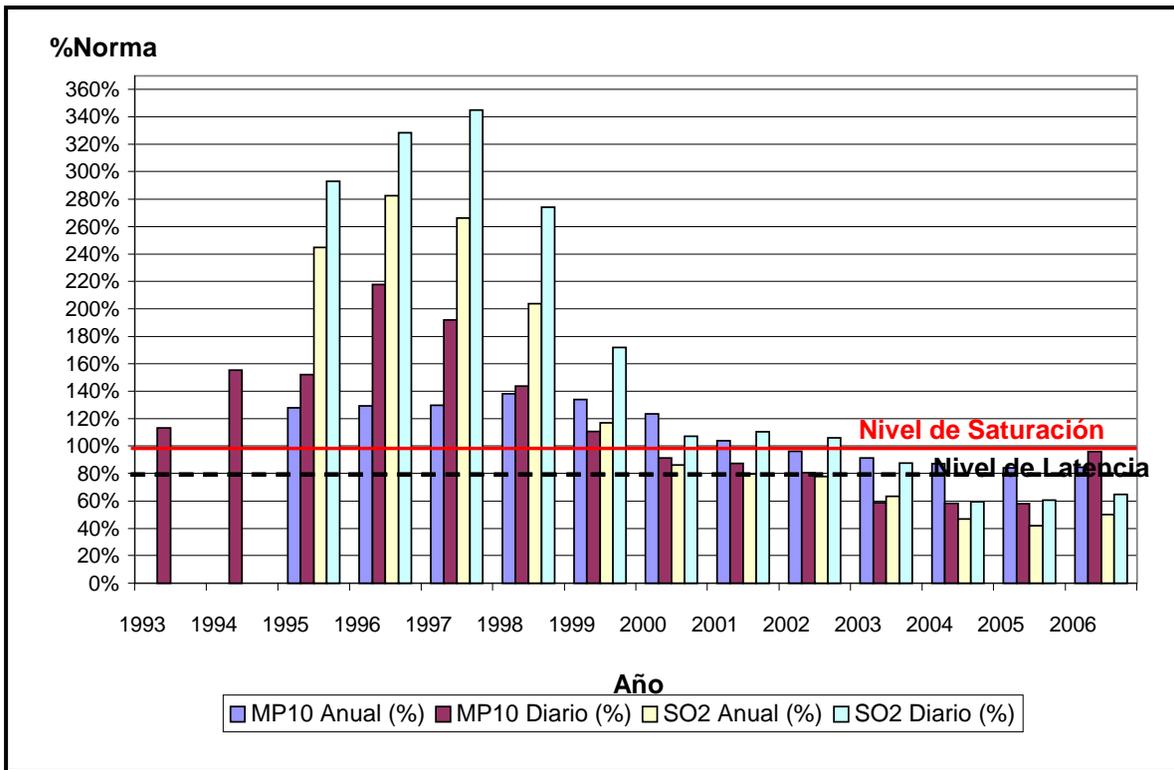
En la Tabla 4-5 y Gráfico 4-1 se muestra el máximo porcentaje de cada una de las normas antes señaladas registradas en la Red Ventanas. Dicho análisis se obtuvo evaluando el cumplimiento de norma para cada una de las estaciones de la Red y luego escogiendo el mayor valor registrado en el año en análisis. 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 59/98 y 45/01 Registrado en Red Ventanas (% Respecto a la Norma)**

Red	Año	MP 10 Anual (%)	MP 10 Diaria (%)	SO2 Anual (%)	SO2 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	

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 2006 se observan niveles de latencia para la norma anual y diaria de MP10, demostrando un deterioro en la Calidad del Aire en ese año.

De lo antes expresado, es posible concluir que la zona monitoreada por la Red Ventanas ha tenido una recuperación de su calidad del aire. Sin embargo, hay que poner especial atención en el aumento de los niveles de la norma diaria de MP10 que pese a haber logrado mejorar entre el año 1996 y 2005, ha vuelto sobrepasar los niveles de latencia en el año 2006.

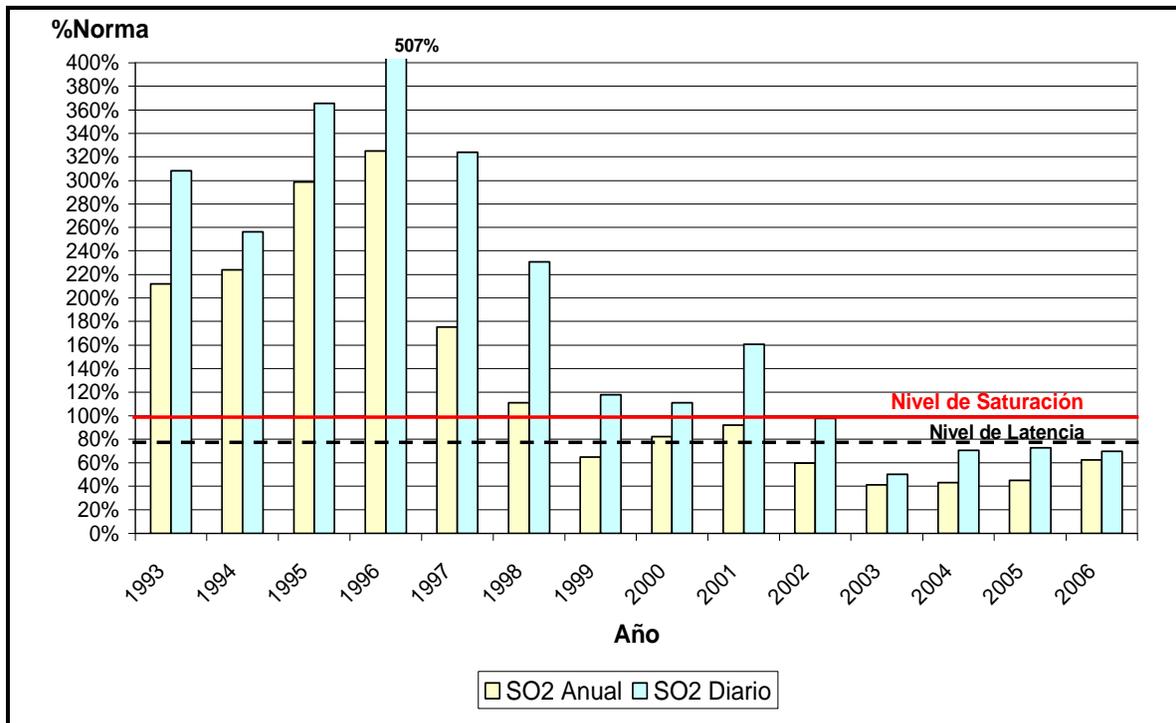
4.2.1.2. Cumplimiento de Normas Secundaria

La norma secundaria de calidad del aire a evaluar en la Red Ventanas esta relacionada con las normas anual, diaria y horaria de SO<sub>2</sub>. En la Tabla 4-6 , se muestran el máximo porcentaje del valor de la norma secundaria horaria (1000 µg/m<sup>3</sup>N) 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)**

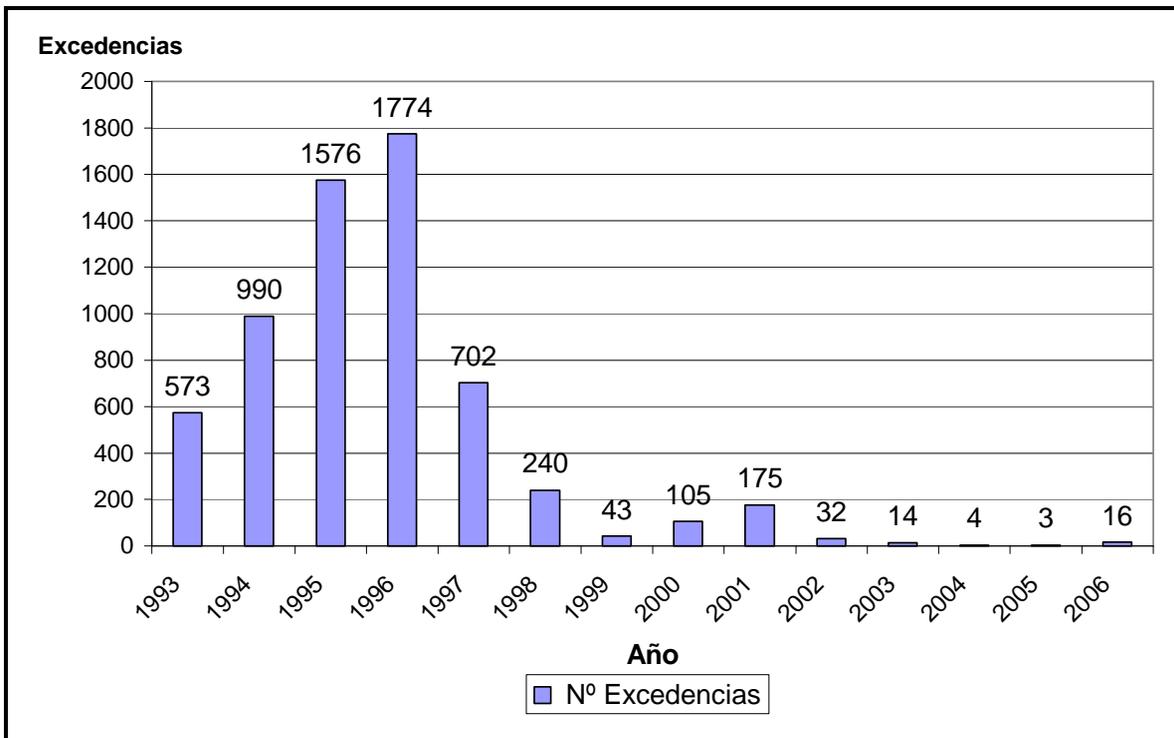
Red	Año	SO <sub>2</sub> Horario (%)
Ventanas	1993	700
	1994	854
	1995	898
	1996	1162
	1997	1020
	1998	905
	1999	488
	2000	378
	2001	491
	2002	193
	2003	167
	2004	497
	2005	297
	2006	177

**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 SO<sub>2</sub>.

**Gráfico 4-3**  
**Número Total de Excedencias de Norma Horaria Secundaria de SO<sub>2</sub> Registradas en Red Ventanas (D.S. 185/91)**



### 4.3. Análisis por Estaciones de la Calidad del Aire

#### 4.3.1. Normas Primarias

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 (SO<sub>2</sub>), D.S. N°113/02
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), 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 MP10				
				Norma Anual (1)			Norma Diaria (2)	
				Promedio Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Trianual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Norma	Concentración 24 Horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio 3Años</b>			<b>150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Percentil 98</b>	
80% de Norma				40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

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 MP10				
				Norma Anual (1)			Norma Diaria (2)	
				Promedio Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Trianual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Norma	Concentración 24 Horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio 3Años</b>			<b>150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Percentil 98</b>	
80% de Norma				40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

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

Estación	Año	Meses Medidos N°	N° Días Válidos	Norma Primaria MP10				
				Norma Anual (1)			Norma Diaria (2)	
				Promedio Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Trianual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Norma	Concentración 24 Horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio 3Años</b>			<b>150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Percentil 98</b>	
80% de Norma				40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

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 MP10				
				Norma Anual (1)			Norma Diaria (2)	
				Promedio Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Trianual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Norma	Concentración 24 Horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% 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%
Limite Máximo Permissible				<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio 3Años</b>			<b>150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Percentil 98</b>	
80% de Norma				40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

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

Estación	Año	Meses Medidos N°	N° Días Válidos	Norma Primaria MP10				
				Norma Anual (1)			Norma Diaria (2)	
				Promedio Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio Trianual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Norma	Concentración 24 Horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio 3Años</b>			<b>150 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Percentil 98</b>	
80% de Norma				40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Información Base: SAG, SEREMI Salud, CONAMA V Región

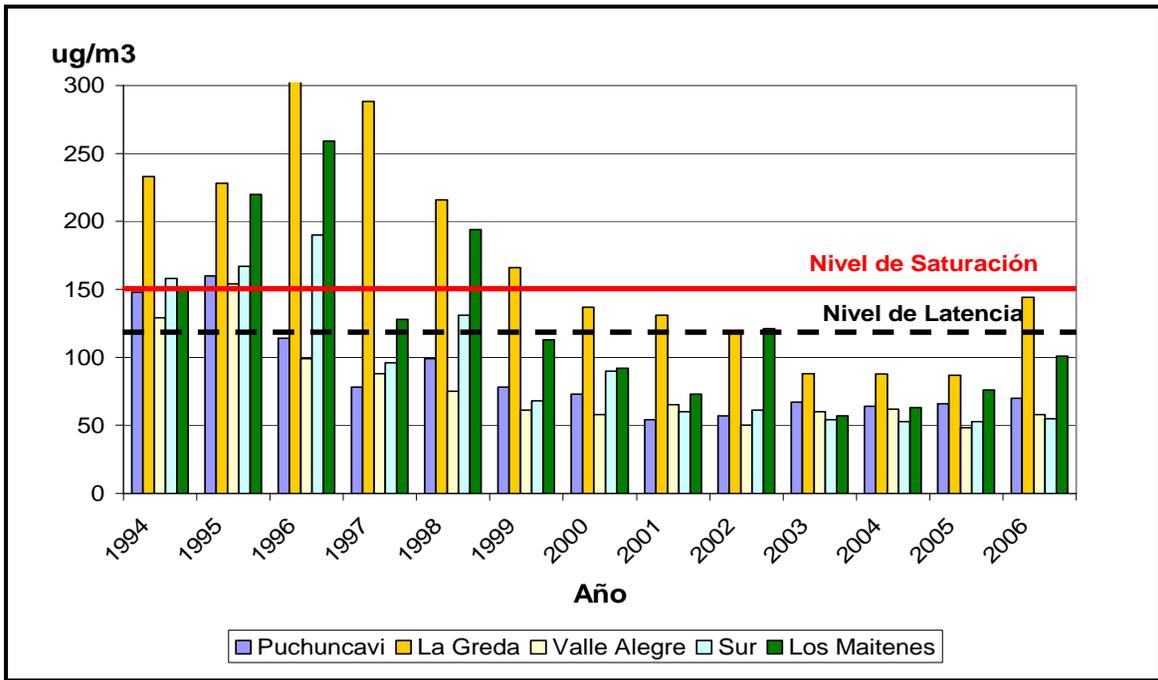
1. Promedio trianual solo aplicable del año 2004 en adelante, Res. 1924/2000 SSVQ

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

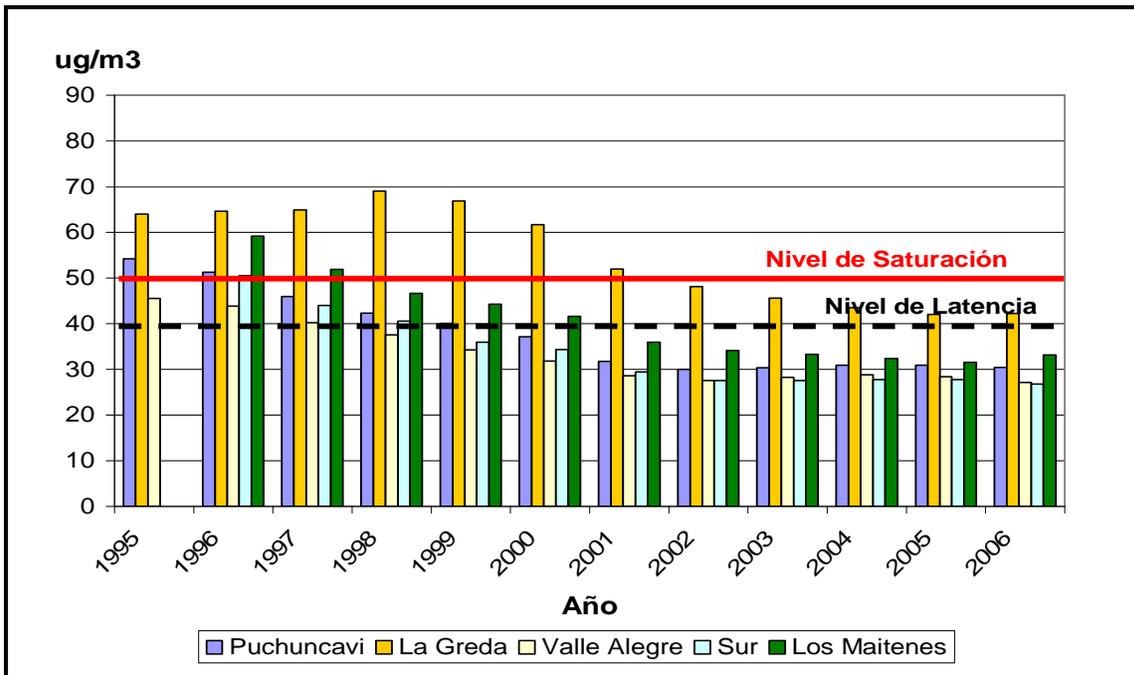
En el Gráfico 4-4 se observa que respecto a la norma diaria de MP10, todas las estaciones están bajo el nivel de saturación a partir del año 2000 y bajo el nivel de latencia ha partir del año 2003, sin embargo el año 2006 se produce un aumento de los valores medidos de MP<sub>10</sub> lo que produce que la estación La Greda presente niveles de latencia.

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, no obstante se observa una tendencia decreciente de las concentraciones anuales en dicha estación entre el año 1998 y 2005.

**Gráfico 4-4**  
**Red Ventanas MP10 Norma Primaria Diaria**



**Gráfico 4-5**  
**Red Ventanas MP10 Norma Primaria Anual**



4.3.1.2. Concentraciones de SO<sub>2</sub> Norma Primaria

Desde la Tabla 4-12 a la Tabla 4-16 se muestra el cumplimiento de la norma primaria de SO<sub>2</sub>, para cada una de las estaciones de la Red Ventanas.

**Tabla 4-12**  
**Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO<sub>2</sub> Estación Puchuncavi**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Primaria SO <sub>2</sub>					
				Norma Anual			Norma Diaria		
				Promedio Anual µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% Norma	Percentil 99 µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% Norma
Puchuncavi	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%
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup></b>			<b>250 µg/m<sup>3</sup></b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación La Greda**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Primaria SO <sub>2</sub>					
				Norma Anual			Norma Diaria		
				Promedio Anual µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% Norma	Percentil 99 µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% 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%
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup></b>			<b>250 µg/m<sup>3</sup></b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación Valle Alegre**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Primaria SO <sub>2</sub>					
				Norma Anual			Norma Diaria		
				Promedio Anual µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	% Norma	Percentil 99 µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup></b>			<b>250 µg/m<sup>3</sup></b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>		

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 4-15**  
**Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO<sub>2</sub> Estación Sur**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Primaria SO <sub>2</sub>					
				Norma Anual			Norma Diaria		
				Promedio Anual µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	% Norma	Percentil 99 µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	% 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%	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup></b>			<b>250 µg/m<sup>3</sup></b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>		

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 4-16**  
**Cumplimiento Norma Primaria Anual y Diaria de SO<sub>2</sub> Estación Los Maitenes**

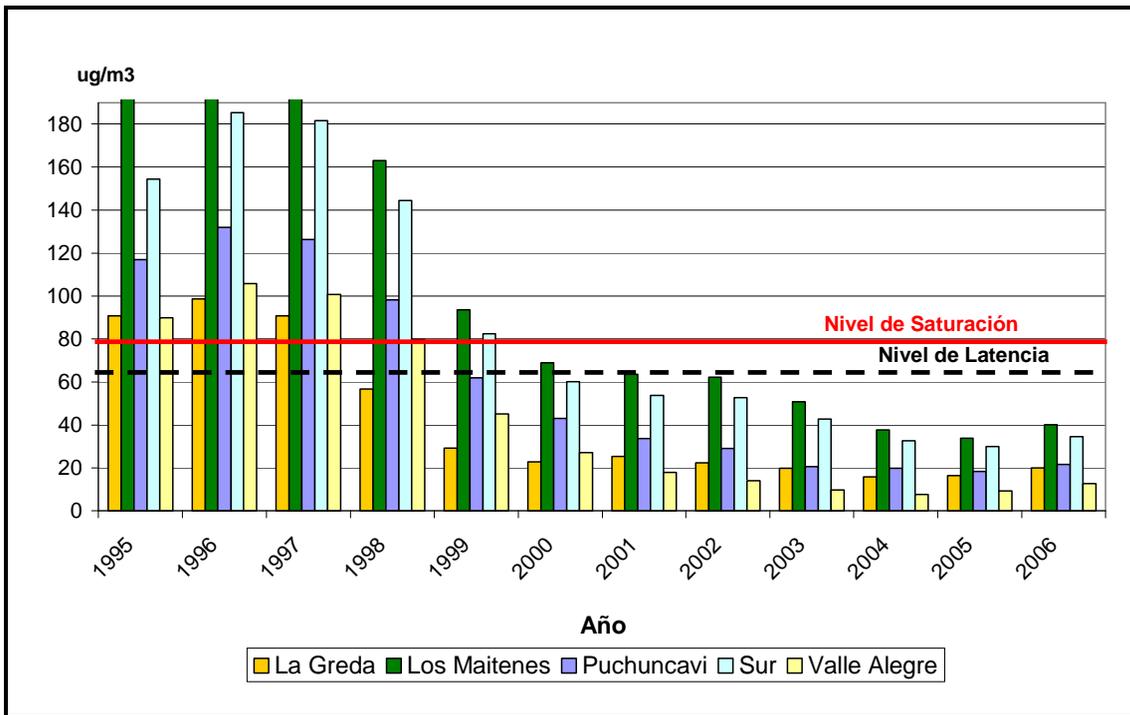
Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Primaria SO <sub>2</sub>					
				Norma Anual			Norma Anual		
				Promedio Anual µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% Norma	Percentil 99 µg/m <sup>3</sup>	Promedio Trianual µg/m <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )	% Norma
Los Maitenes	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%	
Limite Máximo Permisible				<b>80 µg/m<sup>3</sup></b>			<b>250 µg/m<sup>3</sup></b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>		

Información Base: Información SAG, Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, CONAMA V Región

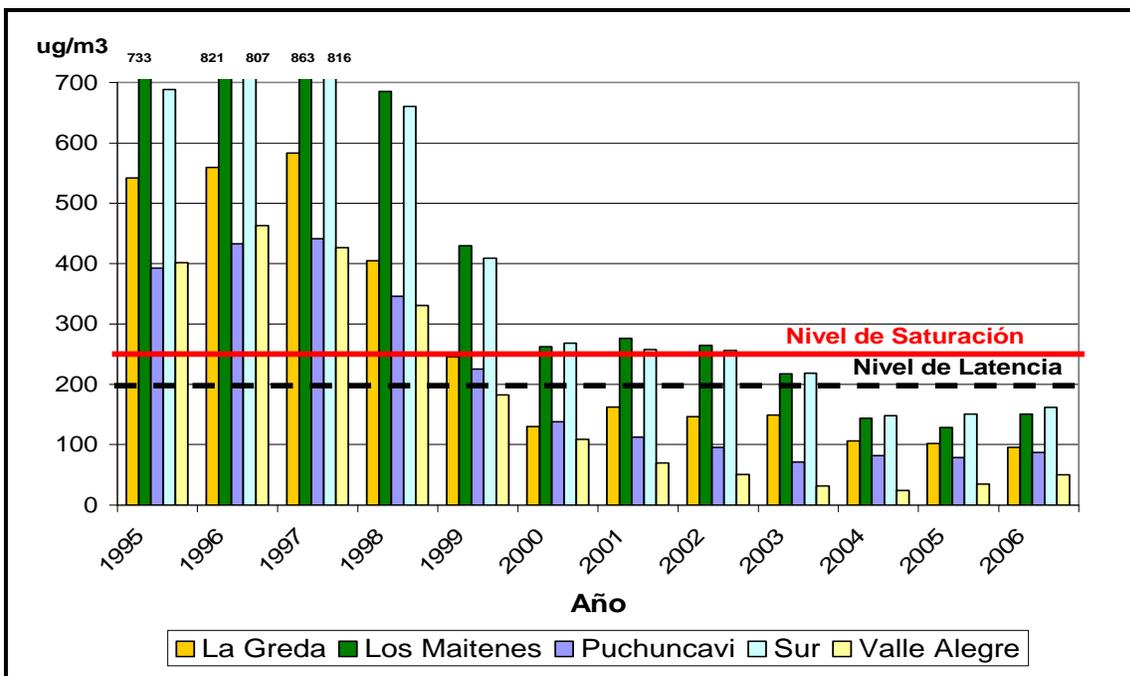
En el Gráfico 4-6 se muestra el cumplimiento de norma anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones de la Red Ventanas. Se observa una disminución de la concentración anual a partir del año 1997 a la fecha. Desde el año 1998 todas las estaciones registran concentraciones anuales bajo el nivel de saturación, 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 SO<sub>2</sub> 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.

**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. Concentraciones de SO<sub>2</sub> Norma Secundaria

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

- Norma Anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), D.S. N°185/91.
- Norma Diaria de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), D.S. N°185/91.
- Norma Horaria de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), D.S. N°185/91.

Desde la Tabla 4-17a la Tabla 4-21, se evalúa los valores de la norma secundaria para SO<sub>2</sub> en la red ventana.

**Tabla 4-17**  
**Cumplimiento de Norma Secundaria Anual, Diaria y Horaria de SO<sub>2</sub> Estación Puchuncavi**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Secundaria SO <sub>2</sub>							
				Norma Anual		Norma Diaria			Conc. Máx 1 Hora		
				Media Anual µg/m <sup>3</sup>	% Norma	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.
Puchuncavi	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	
Limite Máximo Permisible				<b>80 µg/m<sup>3</sup> Año</b>		<b>365 µg/m<sup>3</sup> Día</b>			<b>1000 µg/m<sup>3</sup> hora</b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>		292 µg/m <sup>3</sup>			800 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación La Greda**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Secundaria SO <sub>2</sub>							
				Norma Anual		Norma Diaria			Conc. Máx 1 Hora		
				Media Anual µg/m <sup>3</sup>	% Norma	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% 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	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup> Año</b>		<b>365 µg/m<sup>3</sup> Día</b>			<b>1000 µg/m<sup>3</sup> hora</b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>		292 µg/m <sup>3</sup>			800 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación Valle Alegre**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Secundaria SO <sub>2</sub>							
				Norma Anual		Norma Diaria			Conc. Máx 1 Hora		
				Media Anual µg/m <sup>3</sup>	% Norma	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% 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	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup> Año</b>		<b>365 µg/m<sup>3</sup> Día</b>			<b>1000 µg/m<sup>3</sup> hora</b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>		292 µg/m <sup>3</sup>			800 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación Sur**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Secundaria SO <sub>2</sub>							
				Norma Anual		Norma Diaria			Conc. Máx 1 Hora		
				Media Anual µg/m <sup>3</sup>	% Norma	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% 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	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup> Año</b>		<b>365 µg/m<sup>3</sup> Día</b>			<b>1000 µg/m<sup>3</sup> hora</b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>		292 µg/m <sup>3</sup>			800 µg/m <sup>3</sup>		

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 SO<sub>2</sub> Estación Los Maitenes**

Estación	Año	N° Meses	Días Válidos	Norma Secundaria SO <sub>2</sub>							
				Norma Anual		Norma Diaria			Conc. Máx 1 Hora		
				Media Anual µg/m <sup>3</sup>	% Norma	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% Norma	N° Exced.	Máx. µg/m <sup>3</sup>	% 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	
Limite Máximo Permissible				<b>80 µg/m<sup>3</sup> Año</b>		<b>365 µg/m<sup>3</sup> Día</b>			<b>1000 µg/m<sup>3</sup> hora</b>		
80% de Norma				64 µg/m <sup>3</sup>		292 µg/m <sup>3</sup>			800 µg/m <sup>3</sup>		

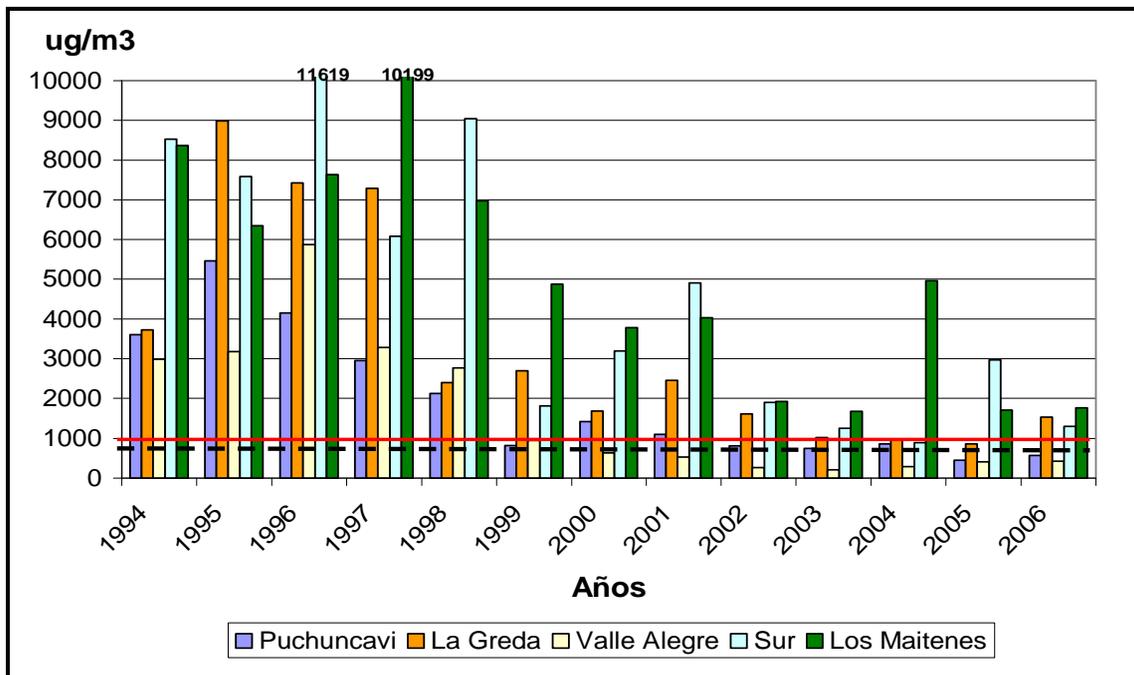
Información Base: Información SAG, SEREMI de Salud Región de Valparaíso, CONAMA V Región

En el Gráfico 4-8 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 registrado concentraciones sobre la norma horaria en al menos una estación de la Red Ventanas.

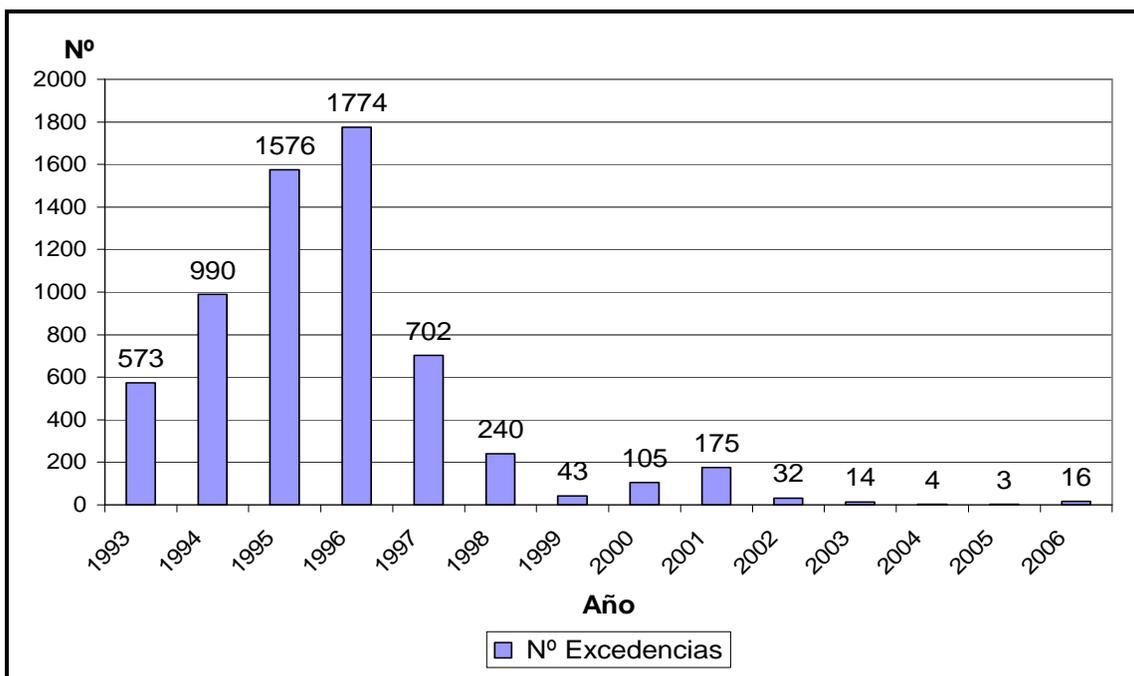
En el Gráfico 4-9 se observa una reducción en el número de excedencias desde el año 1996 (1774 excedencia) al 2005 (3 excedencias), sin embargo en el año 2006 este número incrementa llegando a registrarse 16 excedencias.

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 SO<sub>2</sub>.

**Gráfico 4-8**  
**Red Ventana SO<sub>2</sub> Máxima Concentración Horaria (Norma Secundaria)**



**Gráfico 4-9**  
**Número Total de Excedencias Norma Secundaria Horaria SO<sub>2</sub> Red Ventanas**



## 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 <sup>3</sup> N (0.75ppm)	2618 ug/m <sup>3</sup> N (1.0 ppm)	3927 ug/m <sup>3</sup> N (1.5 ppm)
N°113/02	1.962 - 2.615 µg/m <sup>3</sup> N (0,75 – 0,99 ppm)	2.616 – 3.923 µg/m <sup>3</sup> N (1,0 – 1,499 ppm)	3.924 µg/m <sup>3</sup> N o más (1,5 ppm o más)

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

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

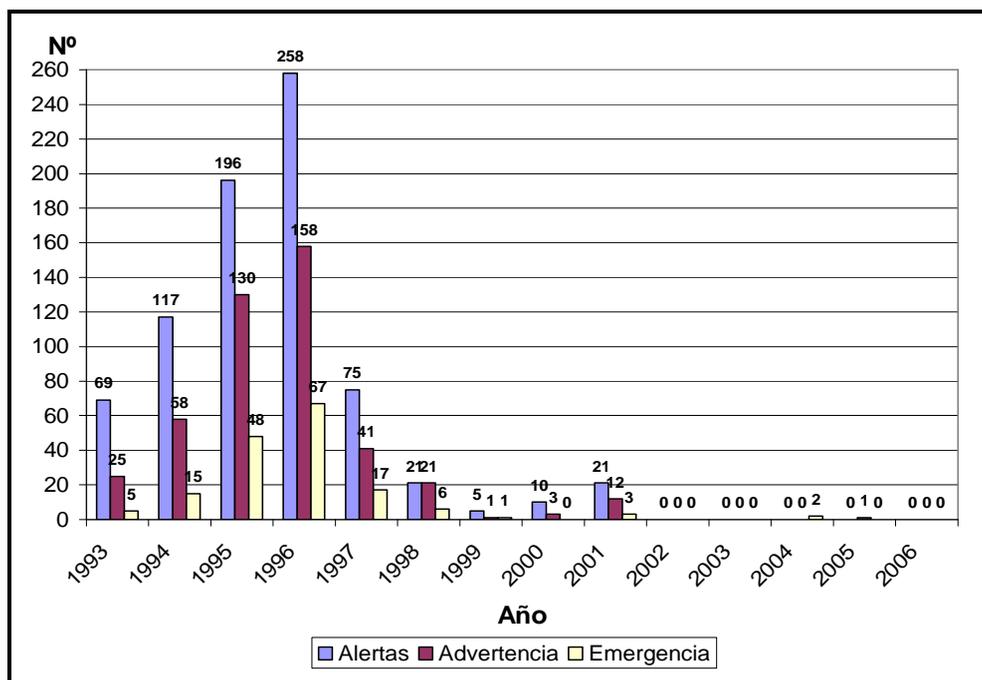
En la Tabla 5.2 y el Gráfico 5.1 se muestra el número de episodios críticos ocurridos desde 1997 a la fecha. Se observa una disminución de los episodios críticos a partir de 1997 a la fecha, los que en su mayoría corresponden a alertas y advertencias. El año 2002 y 2003 no se produjeron episodios críticos, sin embargo el año 2004 acontecieron 2 emergencias.

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	<b>99</b>
		1994	117	58	15	<b>190</b>
		1995	196	130	48	<b>374</b>
		1996	258	158	67	<b>483</b>
		1997	75	41	17	<b>133</b>
		1998	21	21	6	<b>48</b>
		1999	5	1	1	<b>7</b>
		2000	10	3	0	<b>13</b>
		2001	21	12	3	<b>36</b>
D.S. 113/02	Ventanas	2002	0	0	0	<b>0</b>
		2003	0	0	0	<b>0</b>
		2004	0	0	2	<b>2</b>
		2005	0	1	0	<b>1</b>
		2006	0	0	0	<b>0</b>

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

**Gráfico 5-1**  
**Excedencias a Norma Secundaria de SO2 por Tipo de Evento**



## **6. CONCLUSIONES**

### **6.1. METAS DE EMISIÓN.**

Las metas de reducción de emisiones de azufre, y por lo tanto de SO<sub>2</sub>, 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 D.S. N°252/92 que establecía metas de emisión a cumplir hasta el año 1999.

El límite de emisión de SO<sub>2</sub> fijado por el D.S. N° 252/92 a AES GENER S.A., de 1,13 Kg de SO<sub>2</sub> por millones de BTU, se cumple a partir del segundo semestre del año 1999.

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 2006 se concluye lo siguiente:

- Norma de SO<sub>2</sub> anual y diaria, D.S.N°113/02, se cumple y las concentraciones registradas están bajo el nivel de saturación y 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 registran niveles bajo saturación, pero sobre latencia.

En particular con respecto a cada norma primaria se puede concluir lo siguiente.

#### **6.2.1. Norma de Primaria de MP10**

Con 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. Sin embargo, la Estación La Greda presentó latencia a la Norma Diaria en el año 2006

Con respecto a la norma anual de MP10, 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, no obstante se observa una tendencia decreciente de las concentraciones anuales en dicha estación a partir del año 1998, incrementándose levemente el año 2006, respecto del año anterior.

#### **6.2.2. Norma de Primaria de SO<sub>2</sub>**

A partir del análisis de los datos de la Red Ventanas se puede concluir que las concentraciones medidas en todas las estaciones estarían bajo los niveles de saturación y latencia establecidos por la normativa vigente, D.S. N°113/02.

En particular se concluye lo siguiente:

La norma de SO<sub>2</sub> 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.

En lo que respecta al límite de concentración anual de SO<sub>2</sub>, 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.

En lo que respecta al límite de concentración diaria de SO<sub>2</sub>, 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.

Se observó una tendencia decreciente de los niveles de la norma a partir del año 2001, sin embargo, el año 2006 se registraron leves alzas respecto del año 2005. No obstante ello, el año 2006 la red Ventanas cumplió con la normativa establecida por el D.S.Nº113.

### **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.

El año 2002 y 2003 no se produjeron episodios críticos, sin embargo los años 2004 y 2005 hubo 2 y 1 episodios críticos, respectivamente, correspondientes a 2 emergencias y 1 advertencia. El año 2006 no se registraron episodios críticos de calidad del aire.

### **6.3. NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DEL AIRE**

Respecto a la norma de calidad secundaria, se observa un incumplimiento de la norma horaria de SO<sub>2</sub> desde el año 1993 al 2006, Las concentraciones registradas se encuentran sobre el nivel de saturación.

Existe 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 registrado concentraciones sobre la norma horaria en al menos una estación de la Red Ventanas.

Se constata una reducción en el número de excedencias desde el año 1996 (1766 excedencia) al 2006 (16 excedencias). Sin embargo, ese año el nivel de excedencias se elevó respecto de los 3 años anteriores.

## 7. RECOMENDACIONES

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

- 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, 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. Para la redefinición del Plan se considerarán todos los estudios que proceden efectuar, como por ejemplo, el estudio "Inventario de Emisiones de la Zona de Ventanas y Estimación de su Impacto en la Calidad del Aire", que actualmente lleva a cabo DICTUC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y el que debe estar concluido a principios del 2008.
- No modificar los límites de la zona establecida por el D.S. N°346/94 hasta no contar con antecedentes para definir los límites de la nueva zona, entre los que se tomarán en cuenta el estudio señalado en el punto anterior y con el que se espera lograr definir las responsabilidades de las emisiones de las fuentes en el área, con objeto de desarrollar nuevas medidas para recuperar los niveles de calidad del aire en la zona y redefinir el Plan de Descontaminación del Complejo Industrial Las Ventanas establecido por el D.S. N° 252/92.
- 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

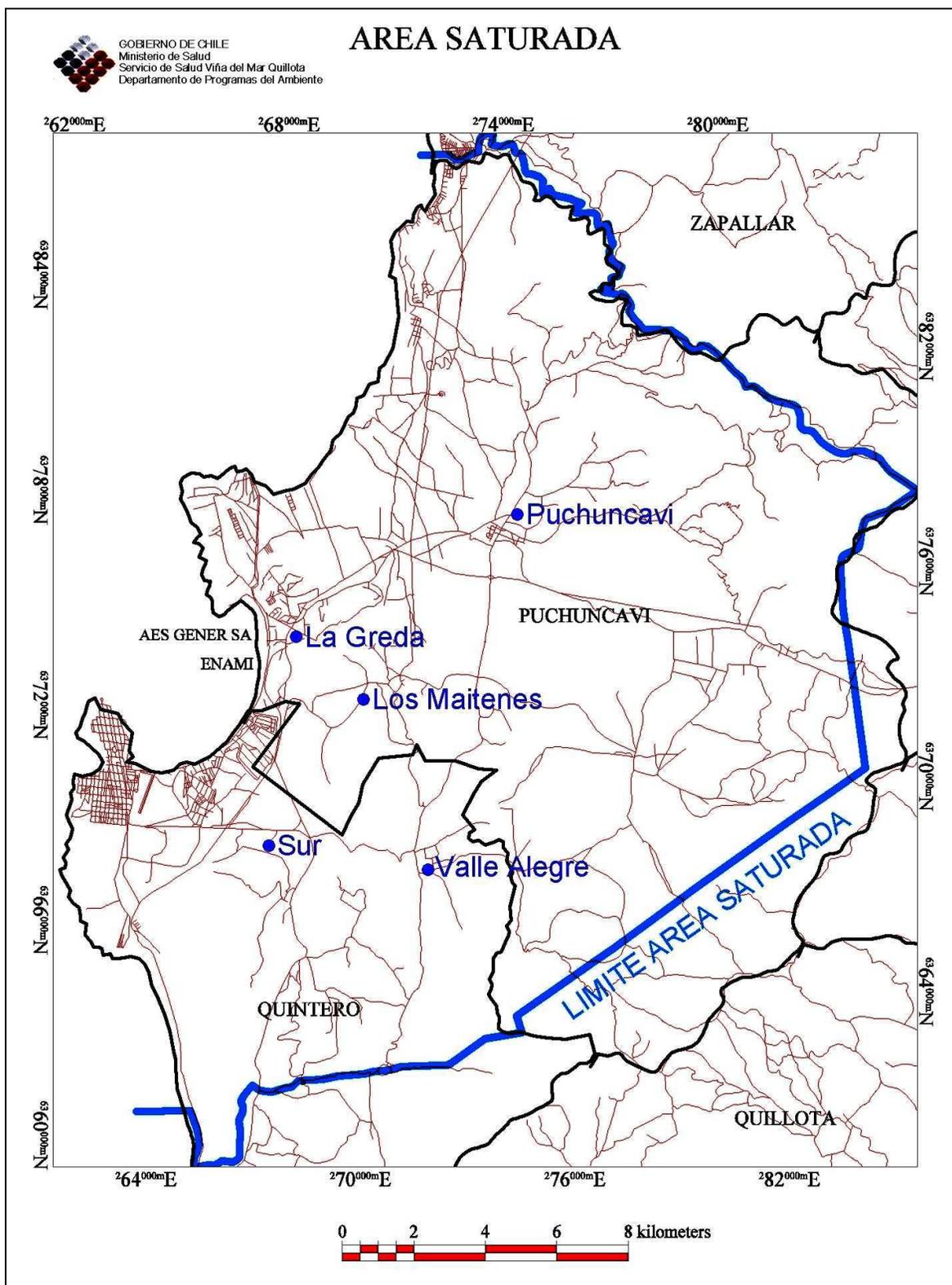
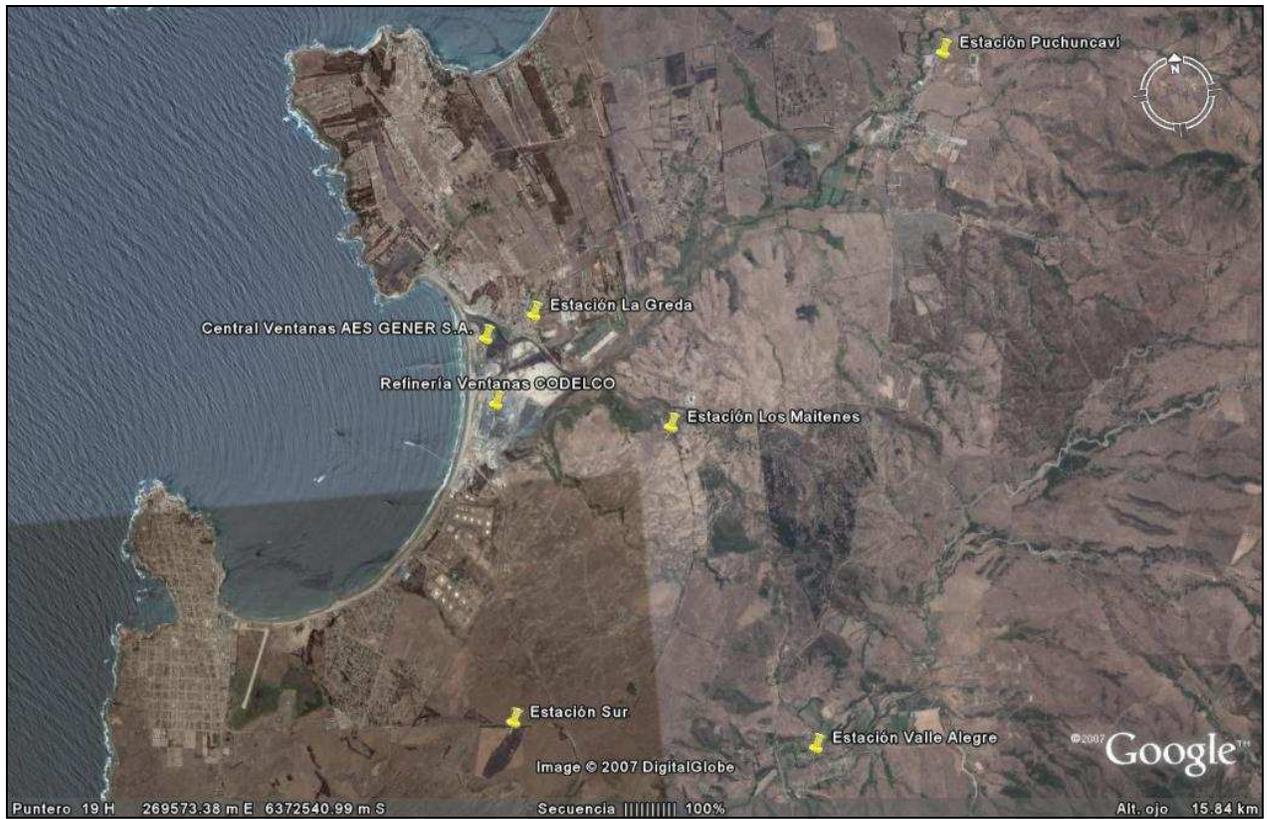


Figura 1. Zona Saturada Establecida por D.S. N°346 y Estaciones de Red Ventanas



**Figura 2. Zona Saturada Establecida por D.S. N°346 y Estaciones de Red Ventanas**