



**Análisis General del Impacto Económico y Social del
Anteproyecto de Revisión de la Norma de Emisión para
olores molestos asociados a la fabricación de pulpa
sulfatada. D.S. N°167/99 MINSEGPRES**

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

Santiago, Noviembre 2011

Acrónimos y Abreviaturas

AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social
TRS	Azufre Reducido Total (Total Reduced Sulfur)
EDLV	Estanque Disolvedor de Licor Verde
CR	Caldera Recuperadora
HC	Horno de Cal
MINSEGPRES	Ministerio Secretaria General de la Presidencia
DS	Decreto Supremo
EPA	Agencia de Protección Ambiental, EEUU
SS	Sólidos secos



Contenido

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS.....	2
1. ANTECEDENTES DE LA NORMA DE REVISIÓN – DECRETO SUPREMO N°167/99 DE MINSEGPRES.....	5
1.1 OBJETIVO DE PROTECCIÓN DE LA NORMA EN REVISIÓN.....	5
1.2 NORMATIVA ACTUAL PARA GASES TRS EN CHILE.....	5
1.3 NORMATIVA INTERNACIONAL PARA GASES TRS.....	6
1.4 CARACTERÍSTICA DEL SECTOR REGULADO.....	8
1.5 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES.....	9
1.6 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	10
2. MODIFICACIONES A LA NORMATIVA.....	12
2.1 MODIFICACIÓN LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE GASES TRS.....	12
2.1.1 <i>Caldera Recuperadora</i>	12
2.1.2 <i>Horno de Cal</i>	12
2.1.3 <i>Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV)</i>	13
2.2 INCLUSIÓN DE NUEVOS EQUIPOS.....	13
2.2.1 <i>Incinerador y Caldera de Poder</i>	13
2.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GASES.....	13
3. INVENTARIO DE EMISIONES.....	15
3.1 FUENTES FIJAS.....	15
3.1.1 <i>Caldera Recuperadora</i>	15
3.1.2 <i>Horno de Cal</i>	16
3.1.3 <i>Estanque Disolvedor de Licor Verde</i>	16
3.2 FUENTES DIFUSAS.....	17
3.2.1 <i>Descripción</i>	17
3.2.2 <i>Estimación de emisiones de fuentes difusas</i>	18
3.3 RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES.....	19
3.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL INVENTARIO DE EMISIONES.....	21
4. NIVELES DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA.....	23
4.1.1 <i>Normativa actual</i>	23
4.1.2 <i>Normativa propuesta</i>	25
4.1.3 <i>Reducción estimada de emisiones</i>	27
5. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	28
6. COSTOS.....	31
6.1 COSTOS EN LA MODIFICACIÓN LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE GASES TRS.....	31
6.1.1 <i>Modificación Límite Caldera Recuperadora</i>	31
6.1.2 <i>Horno de Cal</i>	31
6.1.3 <i>Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV)</i>	32
6.2 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GASES.....	32
6.3 RESUMEN COSTOS POR MODIFICACIONES AL D.S. N°167/99.....	33
7. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS.....	35
7.1 NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE GASES TRS (ANTECEDENTES SOBRE CALIDAD).....	35
7.2 IMPACTOS POR PRESENCIA DE GASES TRS.....	37
8. CONCLUSIONES.....	39
9. BIBLIOGRAFÍA.....	40
10. ANEXOS.....	41

10.1	PERFILES DE VIENTOS EN LAS FUENTES IDENTIFICADAS	41
10.1.1	<i>Descripción de softwares empleados</i>	41
10.1.2	<i>Dirección del viento</i>	42
10.1.3	<i>Análisis caso a caso</i>	42

1. Antecedentes de la Norma de Revisión – Decreto Supremo N°167/99 de MINSEGPRES

En el año 2000 entró en vigencia la Norma de Emisión para olores molestos (gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada, Decreto Supremo N°167/99 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

El Decreto Supremo N°93 de 1995 contenido en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión establece que toda norma de calidad y de emisión será revisada a lo menos cada 5 años. Esto dio inicio mediante Resolución N°3502 al proceso de revisión del D.S. N° 167/99 en diciembre del año 2007. Además, el Decreto Supremo N°93 de 1995 establece como requisito a todo proceso de dictación de norma la realización de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES), el cual se muestra en el presente estudio.

1.1 Objetivo de protección de la norma en revisión

La Norma de Emisión para olores molestos asociados a la fabricación de pulpa sulfatadas D.S. N°167/99 posee como objetivo prevenir y regular la producción de olores molestos mediante el control de la emisión de gases de Azufre Reducido Total (TRS) provenientes de la fabricación de celulosa mediante el proceso kraft.

Esta normativa intenta hacerse cargo del problema de olores relacionados con la presencia de establecimientos industriales productores de celulosa que realizan el proceso kraft o al sulfato, percibidos por la población en las Regiones del Maule, del Biobío, de la Araucanía y de los Ríos.

Tales olores afectan la salud¹ y calidad de vida de las personas que viven en las zonas aledañas a estos establecimientos, así como a ciertas áreas de la actividad económica como la recreación y el turismo, y el valor de los inmuebles de las zonas impactadas. Esto justifica la realización de instrumentos que permitieran reducir la emisión de sustancias que causen malos olores, en el caso particular, controlar la emisión de gases TRS, de manera de disminuir la percepción de tales olores por la población (Canales 2007).

1.2 Normativa actual para gases TRS en Chile

El D.S. N°167/99 en vigencia desde el año 2000, regula principalmente las emisiones de gases TRS desde fuentes fijas, establece el requisito de contar un sistema de recolección y tratamiento de los mismos y controla los venteos mediante la regulación del porcentaje de

¹ Entendiendo que salud, como lo refiere la Organización Mundial de la Salud, es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades según WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. No. 91.

funcionamiento del sistema de combustión. Igualmente definió, para cada una de las fuentes, un cronograma de medición que permitiera progresivamente usar sistemas más sofisticados, hasta llegar a un sistema de monitoreo continuo de emisiones para el año 2003. La siguiente tabla muestra los límites de emisión para las fuentes fijas de la normativa actual y su correspondiente sistema de medición.

Tabla 1-1. Límites de emisión D.S. N° 167/99

Equipo	Límite de concentración ⁽¹⁾	Sistema de medición ⁽²⁾	Medición
Caldera Recuperadora (CR)	5 ppmv	P98, promedio diario periodo anual	Continua ⁽³⁾
Horno de Cal (HC)	20 ppmv	P98, promedio diario periodo anual	Continua ⁽³⁾
Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV)	16,8 mg/kg SS	P95, periodo anual	Discreta

⁽¹⁾ En ppmv de H₂S. La condición estándar será de 25°C y 1 atmósfera. Corregido al 8% de oxígeno y base seca. SS: Sólidos Secos

⁽²⁾ P98 y P95: Percentil 98 y Percentil 95 respectivamente.

⁽³⁾ Equipos anteriores a 1975 deberán cumplir con los requisitos de emisión al mes 144 (año 2012)

Fuente: Elaboración Propia a partir del D.S. N° 167/99

1.3 Normativa internacional para gases TRS

Chile se encuentra dentro los principales países exportadores de celulosa junto con Canadá, Estados Unidos, Brasil y Suecia. En estos países existen diferentes enfoques normativos para gases TRS, tanto en autoridades a cargo como en legislación. Generalmente el Estado establece una legislación nacional, pero también existen regulaciones provinciales que requieren una evaluación del impacto ambiental como en EEUU y Canadá. Los límites de emisión son fijados caso a caso, según criterios técnicos y económicos, establecidos por organismos como los Tribunales Ambientales de Finlandia y la Agencia de Permisos Ambientales de Suecia. Estos límites son actualizados cada 10 años.



Tabla 1-2. Resumen de normativa internacional

	N° (*)	CR H ₂ S	N° (*)	HCl H ₂ S	N° (*)	EDLV H ₂ S
EEUU¹²	3	5 ppm (12h)	2	8 ppm _{dv}	4	0.0168-0.033 lb/t sólidos de licor negro
Regulación	Federal					
Autoridad	Gobierno estatal y las oficinas regionales de la EPA					
Toma de decisiones	Plantas nuevas y modificadas deben cumplir los límites con las mejores técnicas disponibles según las normas federales. Las plantas existentes que no se modifican están sujetos a requerimiento del Estado					
Canadá²	2	5-15 ppm _{dv} (1h)	2	10 -12 ppm _{dv}	3	20 ppm _{dv}
British Columbia³	Nuevas Nuevas Existentes	7ppm (1h) 3 ppm (24 h) 26 ppm	Nuevas Existentes	8 ppm 0.255 kg/ADt	Nuevas Existente	8.4 g/t of BLS 0.225 kg/ADt
New Brunswick³	Nuevas Existentes	10 ppm (4 h) 15 ppm	Nuevas Existentes	20 ppm (4h) 20 ppm	-	-
Nova Scotia³	Nuevas Existentes	10 ppm (4h) 15 ppm	Nuevas Existentes	20 ppm (4h) 20 ppm	-	-
Quebec³	Nuevas Existentes	5 ppm 20 ppm	Nuevas Quebec	5 ppm 10ppm	Nuevas -	16g/t of BLS -
Alberta³	Existentes	6.5 ppm	Existentes	10 ppm	Existente	0.9 -4.0 kg/h
Minetoba³	Existentes	20 ppm	Existentes	40 ppm	Existente	0.16 kg/h
Regulación	Provincial					
Autoridad	Gobierno Provincial					
Toma de decisiones	Límites de cumplimiento de chimenea y/o en el punto de impacto					
Finlandia²	3	5-6 ppm _{dv}	3	8 – 26 ppm _{dv}	1	7 ppm _{dv}
Regulación	Guías Límites del Consejo del Estado					
Autoridad	Centros regionales de Medio Ambiente					
Toma de decisiones	Caso a caso considerando BAT y EQO					
Suecia²	3	5-7 ppm _{dv}	3	23- 56 ppm _{dv}	-	-
Regulación	Mejor Tecnología Disponible (BAT) de la Agencia de Protección Ambiental (NV)					
Autoridad	Consejo Nacional de Licencias.					
Toma de decisiones	Caso a Caso					

*El número de esa columna muestra el número de permisos que fueron examinados en el Estudio según fuente.
EQO: Environmental quality objectives; NV: The Swedish Environmental Protection Agency; BAT: Best Available Technology. ¹ Title 40: Protection of Environment PART 60 – Standards of Performance for New Stationary Sources Subpart BB – Standards of Performance for Kraft Pulp Mills. ² Environment Requirements for Industrial for Industrial Permitting Case Study on the Pulp and Paper Sector. Environment Directorate Environment Policy Committee. OECD 1999. ³ AMEC Forest Industry Consulting. Final Report. (2002) Multi – Pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Pulp and Paper Sector. Preparado para: Environment Canada and The Canadian Council of Ministers of Environment (CCME).

Cabe destacar que los niveles expuestos en la tabla anterior no son comparables entre sí mientras no se exijan en la misma periodicidad y condiciones de medición. En algunos casos se indica que la periodicidad es de 1 hora (1h), 4 horas (4h), 24 horas (24h) entre otras no especificadas. El motivo de esta variabilidad se debe a las transformaciones fisicoquímicas, las características orográficas o el régimen meteorológico que rodean a una planta de celulosa determinada, las que conlleva que una gran concentración de olor en un foco no redunde necesariamente en una afección a la población cercana a la actividad o viceversa (olores.org 2007).

Por esto puede resultar de mayor utilidad para controlar la percepción de olores establecer la calidad del aire en la zona impactada (en inmisión), tal como se regula en otros países como Canadá. Sin embargo, no corresponde exigir estos límites en una norma de emisión ya que el cuerpo normativo en revisión propone límites desde la fuente emisora.

1.4 Característica del sector regulado

La industria de la celulosa representa uno de los principales sectores económicos de Chile luego de la industria del cobre. El año 2010 exportó US\$ 3.073 millones, equivalentes al 10,1% de las exportaciones de no cobre. Los principales destinos fueron la Unión Europea (30%), China (24%) y Corea del Sur (10%) (Ministerio de Relaciones Exteriores 2011).

Tabla 1-3. Principales exportaciones de Chile en año 2010

Exportación	Millones USD\$
Productos totales	69.622
Cobre	39.290
Alimentos procesados sin salmón ni truchas	4.157
Fruta fresca	3.281
Celulosa	3.073
Salmón y truchas	2.004
Forestal y muebles de la madera	1.853
Vino	1.548

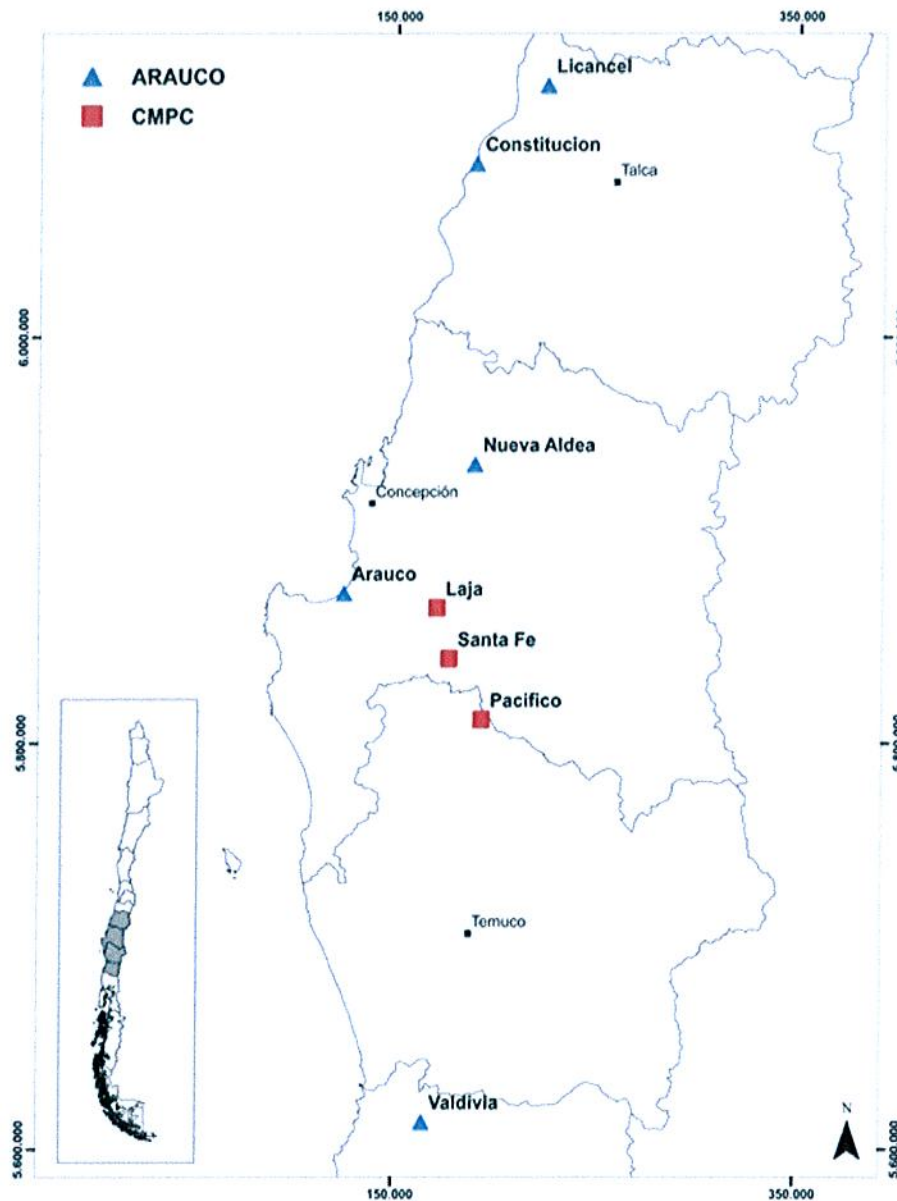
Fuente: Ministerio de Relaciones Exteriores. 2011

Los factores más influyentes para el desarrollo de este sector han sido las condiciones favorables que posee Chile (clima, suelo y pluviometría) para el crecimiento de plantaciones de pino radiata y eucalipto, que son la materia prima de la producción de celulosa de fibra larga y corta respectivamente (DSS 2009).

1.5 Identificación y localización de las fuentes

Actualmente en nuestro país existen 8 plantas de celulosa kraft entre la Región del Maule y la Región de los Ríos. De ellas, 5 plantas pertenecen a Celulosa Arauco y 3 plantas pertenecen a Empresas CMPC. En la figura 1-1 se aprecia la ubicación de las plantas y en la tabla 1.4 se detalla el año y nivel de producción de cada una.

Figura 1-1. Localización del sector regulado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-4. Plantas de celulosa en Chile

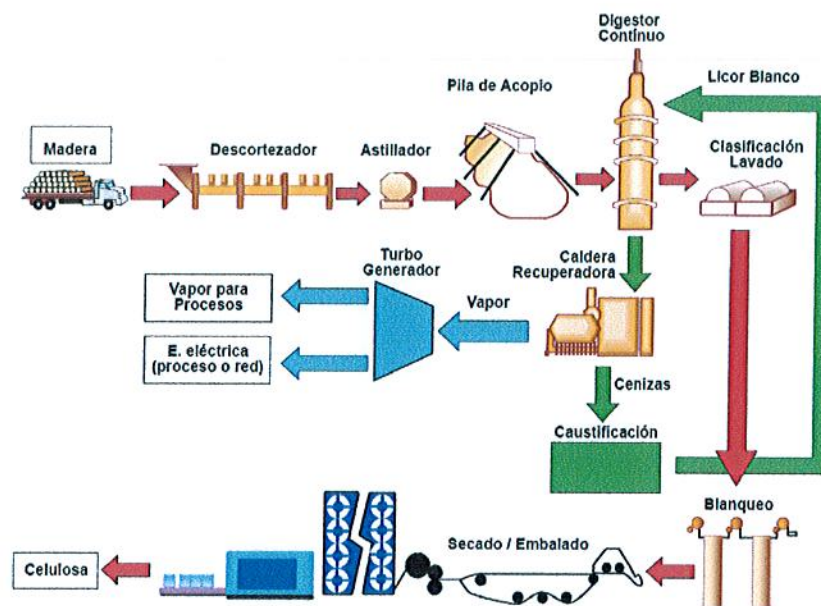
Planta	Comuna	Región	Empresa	Año	Producción (ton/año)
Nueva Aldea	Ranquil	R. del Biobío	Celulosa Arauco	2006	1.027.000
Santa Fe	Nacimiento	R. del Biobío	Empresas CMPC	1991 L1	380.000
				2006 L2	780.000
Valdivia	Mariquina	R. de los Ríos	Celulosa Arauco	2004	685.000
Pacífico	Collipulli	R. de la Araucanía	Empresas CMPC	1992	520.000
Arauco	Arauco	R. del Biobío	Celulosa Arauco	1971 L1	271.260
				1991 L2	516.436
Constitución	Constitución	R. del Maule	Celulosa Arauco	1976	350.000
Laja	Laja	R. del Biobío	Empresas CMPC	1959 L1	106.560
				1965 L2	253.440
Licancel	Licantén	R. del Maule	Celulosa Arauco	1994	145.000

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por sector regulado.

1.6 Características del proceso de producción

El proceso kraft de fabricación de celulosa es un proceso químico alcalino donde la madera se disuelve en una solución de soda cáustica y sulfuro de sodio (licor blanco) con el objetivo de separar la celulosa o fibra de la lignina. Este proceso posee ventajas como: recuperación de productos químicos, fibra con altos niveles de blancura, autosuficiencia en energía y flexibilidad en el tipo de madera utilizada. La figura 1-2 muestra el proceso estándar de una planta de celulosa kraft, el cual puede describirse en dos etapas (flechas de color rojo y verde). Este proceso adicionalmente genera energía eléctrica (flechas color azul).

Figura 1-2. Proceso kraft de fabricación de celulosa



Fuente: Manual de aplicación de la norma de emisión de olores molestos (CONAMA 2001).

La primera etapa (flechas rojas) es la producción de celulosa o línea de fibra donde los rollizos de maderas son descortezados, astillados y luego enviados a una pila de astillas para su homogeneización. Las astillas son extraídas, clasificadas y conducidas al proceso de cocción con licor blanco. La pasta de celulosa resultante de la cocción es clasificada, lavada y blanqueada, para posteriormente ser acondicionada como producto final.

La segunda etapa (flechas verdes) es la recuperación de los productos químicos que permite convertir el producto de cocción licor negro (lignina de madera disuelta en solución de soda y sulfuro de sodio) en licor blanco (soda cáustica y sulfuro de sodio) para utilizarlo nuevamente en el proceso de cocción de la madera.

La combustión de la parte orgánica (lignina y otros compuestos de la madera) del licor negro permiten generar la energía requerida por el proceso productivo, bajo la forma de vapor y energía eléctrica (flechas celestes).

2. Modificaciones a la normativa

El D.S. N°167/99 presenta una serie de modificaciones² de las cuales, se detallan a continuación aquellas relevantes para la evaluación del AGIES.

2.1 Modificación límites máximos de emisión de gases TRS

En cuanto a los límites máximos de emisión, las modificaciones están orientadas hacia las fuentes puntuales.³ Las fuentes puntuales corresponden a chimeneas elevadas (60-80m), altas temperaturas de gases y altas velocidades, lo que permite inferir que las emisiones tienen mayor posibilidad de dispersarse eficientemente. Los impactos causados por estas emisiones, si cumplen los estándares establecidos internacionalmente, no implican impactos ambientales relevantes para las personas que circulan o viven en los entornos de las plantas.

Por lo anterior, las principales modificaciones al D.S. N°167 se refieren al aumento de la periodicidad de la medición, lo que propone medir desde un periodo anual a un periodo mensual.

2.1.1 Caldera Recuperadora

En el equipo Caldera Recuperadora se mantiene el límite máximo de emisión de concentración de gases TRS de 5 ppmv. Se plantea como modificación que la norma se considerará sobrepasada cuando el percentil 98 de los valores promedios horarios registrados durante un periodo mensual, con un sistema de medición continua, sea mayor a 5 ppmv.

Plazo Cumplimiento: 1 año desde la entrada en vigencia de la revisión de norma.

2.1.2 Horno de Cal

Para el equipo Horno de Cal se modifica el límite máximo de emisión de 20 ppmv de H₂S, diferenciando las plantas existentes de las nuevas, proponiendo los límites de 15 ppmv de H₂S para plantas existentes y 10 para plantas nuevas.

También se propone que será sobrepasada la norma cuando el percentil 98 de los valores promedios horarios registrados durante un periodo mensual, con un sistema de medición continua, sea mayor a los valores límites propuestos.

² El detalle de las modificaciones se presentan en el Anteproyecto de la norma D.S. N°167.

³ Fuente Puntual: fuentes estacionaria discreta, de emisión de gases a la atmosfera a través de conductos, de dimensiones y caudal de aire definidos. NCh3190.Of2010



Plazo Cumplimiento: 1 año desde la entrada en vigencia de la revisión de norma.

2.1.3 Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV)

Para el EDLV se mantiene el límite máximo de emisión de 16,8 mg/kg SS para las plantas existentes, aumentando la periodicidad de las mediciones discretas desde 1 vez al año a 4 veces al año. Además se propone en esta revisión la **posterior captación de gases TRS** desde este equipo para aquellas plantas que presentan emisiones directas a la atmósfera.

Plazo Cumplimiento: Inmediato para el aumento periodicidad de mediciones discretas. Para la captación de gases, 4 años desde la entrada en vigencia de la revisión de norma.

2.2 Inclusión de nuevos equipos

Actualmente existe un compromiso voluntario de medición en equipos utilizados en forma permanente (equipo dedicado) para la combustión de gases TRS. En este caso dentro de la revisión de norma se formaliza esta medición.

2.2.1 Incinerador y Caldera de Poder

Para los equipos Incinerador y Caldera de Poder, en caso de ser utilizados en forma permanente en la combustión de gases TRS, se considerará sobrepasada la norma cuando el percentil 98 de los valores promedios diarios, durante un periodo anual con un sistema de medición continua, sea mayor a 20 ppmv.

Además, aquellos equipos utilizados como respaldo para la combustión de gases provenientes de un sistema de recolección, deben operar a una temperatura de régimen igual o superior a 650°C. Esta medición se debe realizar en forma continua.

Plazo Cumplimiento: 1 año desde la entrada en vigencia de la revisión de norma para las plantas existentes y cumplimiento inmediato para las plantas nuevas.

2.3 Sistema de recolección de gases

La presente modificación de norma se refiere al control de las emisiones desde las fuentes difusas⁴, las que son liberadas a baja altura (20-30m) y poseen temperatura y velocidad tal que la dispersión es deficiente y causa altos impactos ambientales para las personas que circulan o viven en los entornos de las plantas.

⁴ Fuentes Difusas: Fuentes con dimensiones definidas (mayoritariamente fuentes superficiales) que no tienen un flujo de gas residual definido. NCh3190.Of2010.

Por lo anterior, si bien en el actual D.S. N°167/99 se exigió un sistema de recolección y tratamiento de gases TRS antes del año 2006, esta exigencia se cumple para todas las plantas en forma completa para los gases concentrados, sin embargo, aún falta avanzar en la recolección de gases diluidos.



3. Inventario de emisiones

3.1 Fuentes fijas

Se cuenta con información diaria de concentración (ppmv) de gases TRS de los equipos Caldera Recuperadora y Horno de Cal. Relacionando la concentración promedio con el flujo de operación (m^3ND/h) de cada equipo es posible estimar su emisión de gases TRS.

3.1.1 Caldera Recuperadora

La tabla 3-1 muestra las concentraciones promedio (ppmv) entre los años 2007-2009 y las emisiones estimadas de gases TRS para la Caldera Recuperadora.

Tabla 3-1. Emisiones TRS promedio en Caldera Recuperadora

Planta	Flujo (m^3ND/hr)	Concentración (ppmv)	Emisiones	
			(kg TRS/hr)	(ton TRS/año)
ARAUCO Constitución	288.628	2,15	0,9	7,2
CMPC Santa Fe L2	615.827	0,66	0,6	4,7
CMPC Pacifico	553.473	0,54	0,4	3,5
ARAUCO Nueva Aldea	704.000	0,36	0,3	2,9
ARAUCO Arauco L1	223.695	1,02	0,3	2,7
ARAUCO Arauco L2	623.932	0,35	0,3	2,6
ARAUCO Licancel	149.012	0,93	0,2	1,6
ARAUCO Valdivia	424.728	0,33	0,2	1,6
CMPC Laja L2	232.827	0,46	0,1	1,2
CMPC Santa Fe L1	212.896	0,40	0,1	1,0
		Total	3,5	29,0

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada. Nota: 350 días de operación.

3.1.2 Horno de Cal

La tabla 3-2 muestra las concentraciones promedio (ppmv) entre los años 2007-2009 y las emisiones estimadas de gases TRS para el Horno de Cal.

Tabla 3-2. Emisiones TRS promedio en Horno de Cal.

Planta	Flujo (m ³ ND/hr)	Concentración (ppmv)	Emisiones	
			(kg TRS/hr)	(ton TRS/año)
ARAUCO Arauco L2	49.646	8,80	0,6	5,1
CMPC Pacifico	64.573	4,71	0,4	3,5
ARAUCO Nueva Aldea	64.000	4,18	0,4	3,1
CMPC Santa Fe L1	54.800	3,79	0,3	2,4
ARAUCO Valdivia	73.692	1,80	0,2	1,5
CMPC Santa Fe L2	67.699	1,73	0,2	1,4
ARAUCO Licancel	17.385	6,66	0,2	1,4
ARAUCO Arauco L1	25.202	2,22	0,1	0,7
ARAUCO Constitución	32.518	1,70	0,1	0,6
CMPC Laja L2	28.344	0,63	0,0	0,2
		Total	2,5	20

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada. Nota: 350 días de operación.

3.1.3 Estanque Disolvedor de Licor Verde

Actualmente las plantas de Licancel (Celulosa Arauco) y Pacifico (Empresas CMPC) presentan emisiones del equipo Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV). Según la normativa, esta emisión debe reportarse en miligramos de TRS por unidad de masa de sólidos secos procesados.

Tabla 3-3. Emisiones TRS en EDLV

Planta	Emisiones TRS (mg TRS/kg SS)
CMPC Pacifico	15,7
ARAUCO Licancel	11,7

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

Un estudio de la consultora DSS (DSS 2009), identifica factores de emisión de sólidos secos para la líneas de la planta Arauco, los cuales fueron ajustados por profesionales y técnicos del Departamento de Estudios y la empresa Celulosa Arauco, presentándose en la tabla 3-4. Considerando el promedio de estos factores de emisiones, es posible estimar la



emisión de gases TRS del EDLV para las plantas de Pacífico y Licancel, que se muestra en la tabla 3-5.

Tabla 3-4. Factor de emisión EDLV

Planta	Factor de emisión (kg SS/ADT)
ARAUCO Arauco L1	1225
ARAUCO Arauco L2	1930

Fuente: Información proporcionada por Celulosa Arauco.

Tabla 3-5. Emisiones anuales de TRS en EDLV

Planta	kg TRS /ton ADT	ton TRS /año
CMPC Pacífico	0,025	12,9
ARAUCO Licancel	0,018	2,6
	Total	15,5

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

3.2 Fuentes difusas

3.2.1 Descripción

Las fuentes difusas representan una importante fuente de gases TRS. Estas son caracterizadas como gases concentrados y gases diluidos, siendo estos últimos las que actualmente representan la mayor fuente de gases TRS. Las emisiones de gases diluidos provienen principalmente de las líneas de fibra, área de evaporadores y zonas de caustificación. La tabla 3-6 muestra tanto las zonas que si poseen sistemas de recolección gases diluidos (v) como las que no lo poseen (x).

Tabla 3-6. Sistema de recolección de gases diluidos

Planta	Área de Evaporadores	Línea de Fibras	Zona de Caustificación
ARAUCO Licancel	X	X	X
ARAUCO Constitución	√	√	X
ARAUCO Arauco L1	√	√	X
ARAUCO Arauco L2	√	√	X
ARAUCO Valdivia	√	√	√
ARAUCO Nueva Aldea	√	√	√
CMPC Laja L1	√	√	√
CMPC Laja L2	√	√	√
CMPC Santa Fe L1	√	√	√
CMPC Santa Fe L2	√	√	√
CMPC Pacífico	X	X	X

Nota: √ indica que si posee sistema recolección; X indica que no posee sistema de recolección
Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

3.2.2 Estimación de emisiones de fuentes difusas

Para estimar las emisiones de las fuentes difusas, caracterizadas como gases diluidos, se tomó como referencia el informe presentado por Celulosa Arauco en noviembre de 2010 como información complementaria al proceso de revisión de norma (Arauco 2010). Este informe señala que si la planta no posee sistema de recolección de gases diluidos esta puede presentar un factor de emisión de hasta 0,25 kg TRS/ton pulpa. En el caso de poseer un sistema de recolección, el factor de emisión puede disminuir a 0,1 kg TRS/ton pulpa o menos. Los factores de emisión señalados se muestran en la tabla 3-7.

Tabla 3-7. Factores de emisión de gases diluidos

Sistema de recolección de gases diluidos (SRGD)	Factor de emisión (kg TRS/ton pulpa)
Sin SRGD	0,25
Con SRGD	0,1

Fuente: Celulosa Arauco (Arauco 2010).

Con estos factores de emisión y considerando la actual recolección de gases diluidos, se estimó la emisión de gases TRS por este tipo de fuentes desplegado en la tabla 3-8.

Tabla 3-8. Estimación de emisiones de gases diluidos

Planta	Factor Emisión (kg TRS/Ton pulpa)	Emisión gases diluidos (ton TRS/año)
CMPC Pacífico	0,25	130,0
CMPC Santa Fe L2	0,1	118,0
ARAUCO Nueva Aldea	0,1	102,7
ARAUCO Arauco L2	0,15	77,5
ARAUCO Valdivia	0,1	55,0
ARAUCO Constitución	0,15	52,3
ARAUCO Arauco L1	0,15	40,7
CMPC Santa Fe L1	0,1	37,0
ARAUCO Licancel	0,25	35,0
CMPC Laja L2	0,1	25,3
Total		673,5

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

3.3 Resumen inventario de emisiones

La tabla 3-9 muestra el resumen de emisiones de fuentes fijas y fuentes difusas considerando el aporte agregado de todas las plantas. Esto además se representa en la figura 3-1. En la tabla 3-10 se presenta el detalle de emisiones por planta.

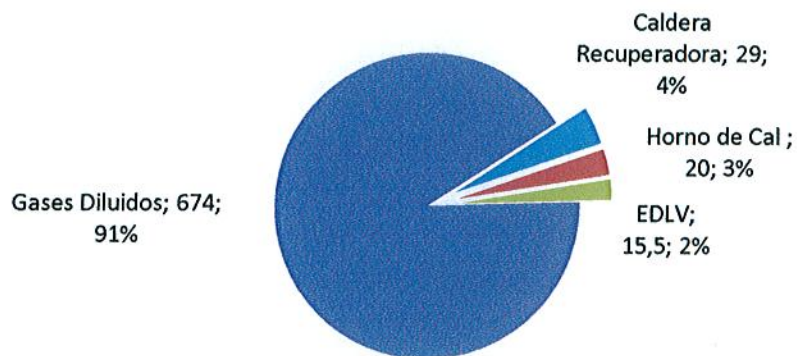
Tabla 3-9. Estimación de total de emisiones de gases TRS

Fuente	Tipo de fuente	ton TRS/año
Caldera Recuperadora	Fija	29,0
Horno de Cal	Fija	20,0
EDLV	Fija	15,5
Gases Diluidos	Difusa	673,7
Total		738,2

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

Figura 3-1. Estimación de emisiones de gases TRS (ton /año) por fuente

Estimación de emisiones de gases TRS (ton /año) por fuente



Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

Tabla 3-10. Estimación de emisiones de gases TRS por planta

Planta	Emisiones (ton TRS/año)		
	Fuentes fijas	Fuentes difusas	Total planta
CMPC Pacífico	19,9	130,0	149,9
CMPC Santa Fe L2	6,1	118,0	124,1
ARAUCO Nueva Aldea	6,0	102,7	108,7
ARAUCO Arauco L2	7,6	77,5	85,1
ARAUCO Constitución	7,9	52,5	60,4
ARAUCO Valdivia	3,2	55,0	58,2
ARAUCO Arauco L1	3,3	40,7	44,0
ARAUCO Licancel	5,6	35,0	40,6
CMPC Santa Fe L1	3,4	37,0	40,4
CMPC Laja L2	1,5	25,3	26,8
Total	64,5	673,5	738,2

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.



3.4 Análisis de sensibilidad del inventario de emisiones

Del gráfico de torta de la figura 3-1 se desprende que la principal fuente de emisiones de gases TRS son las fuentes difusas de gases diluidos. Dada la incertidumbre sobre el nivel de captura de gases diluidos y que el único antecedente como factor de emisión es el presentado por Celulosa Arauco (Arauco 2010), se sensibilizó los valores de los factores de emisión de gases diluidos para cada planta disminuyendo en un 50% (escenario bajo) y aumentando en un 50% (escenario alto) los valores de referencia.

Tabla 3-11. Análisis de sensibilidad: emisiones de gases diluidos distintos escenarios

Emisión gases diluidos (ton TRS/año)		
Estimado	Escenario bajo	Escenario alto
673,7	336,8	1.010,3

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

Tabla 3-12. Análisis de sensibilidad: emisiones de gases diluidos distintos escenarios por planta

Planta	Estimado		Escenario bajo		Escenario alto	
	Factor Emisión	Emisión gases diluidos	Factor Emisión	Emisión gases diluidos	Factor Emisión	Emisión gases diluidos
	(kg TRS/Ton pulpa)	(ton TRS/año)	(kg TRS/Ton pulpa)	(ton TRS/año)	(kg TRS/Ton pulpa)	(ton TRS/año)
CMPC Pacífico	0,25	130,0	0,13	65,0	0,38	195,0
CMPC Santa Fe L2	0,10	118,0	0,05	59,0	0,15	177,0
ARAUCO Nueva Aldea	0,10	102,7	0,05	51,4	0,15	154,1
ARAUCO Arauco L2	0,15	77,5	0,08	38,8	0,23	116,3
ARAUCO Valdivia	0,10	55,0	0,05	27,5	0,15	82,5
ARAUCO Constitución	0,15	52,3	0,08	26,2	0,23	78,5
ARAUCO Arauco L1	0,15	40,7	0,08	20,4	0,23	61,1
CMPC Santa Fe L1	0,10	37,0	0,05	18,5	0,15	55,5
ARAUCO Licancel	0,25	35,0	0,13	17,5	0,38	52,5
CMPC Laja L2	0,10	25,3	0,05	12,7	0,15	38,0
Total		673,7		336,8		1010,3

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

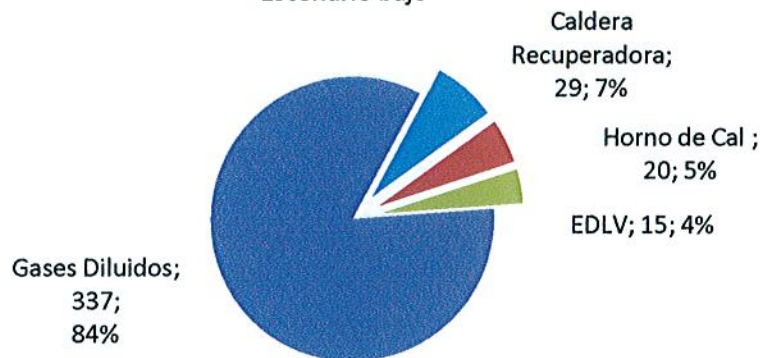
Tabla 3-13. Análisis de sensibilidad: variación de emisiones totales

Fuente	Tipo de fuente	Emisiones estimadas (ton TRS/año)	Emisiones Escenario bajo (ton TRS/año)	Variación Escenario bajo (%)	Emisiones Escenario alto (ton TRS/año)	Variación Escenario alto (%)
Caldera Recuperadora	Fija	29	29	-	29	-
Horno de Cal	Fija	20	20	-	20	-
EDLV	Fija	15,5	15,5	-	15,5	-
Gases Diluidos	Difusa	673,7	336,8	-50%	1.010,30	50%
Total		738,2	401,3	-46%	1074,8	46%

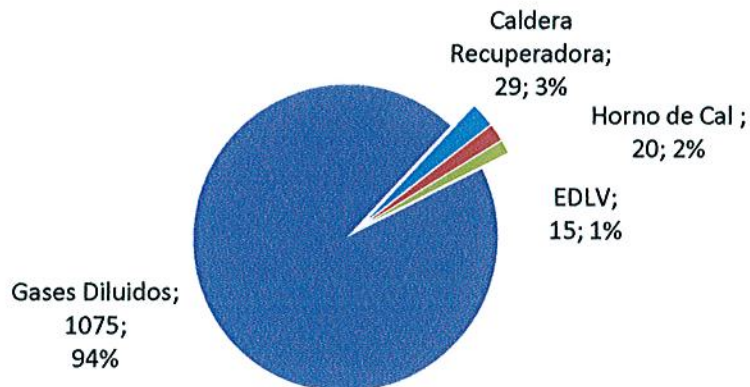
Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.

Figura 3-2. Análisis de sensibilidad: variación de emisiones totales

Estimación de emisiones de gases TRS (ton /año) por fuente
Escenario bajo



Estimación de emisiones de gases TRS (ton /año) por fuente
Escenario alto



Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada.



4. Niveles de cumplimiento de la norma

4.1.1 Normativa actual

A continuación se presentan los niveles de cumplimiento de la actual normativa.

i. Caldera Recuperadora

En la figura 4-1 se muestra el percentil 98 de las concentraciones anuales (ppmv) del equipo Caldera Recuperadora. Se observa que comparando estos valores con la normativa actual, todas las plantas cumplen con la normativa.

Figura 4-1. Cumplimiento de norma en Caldera Recuperadora

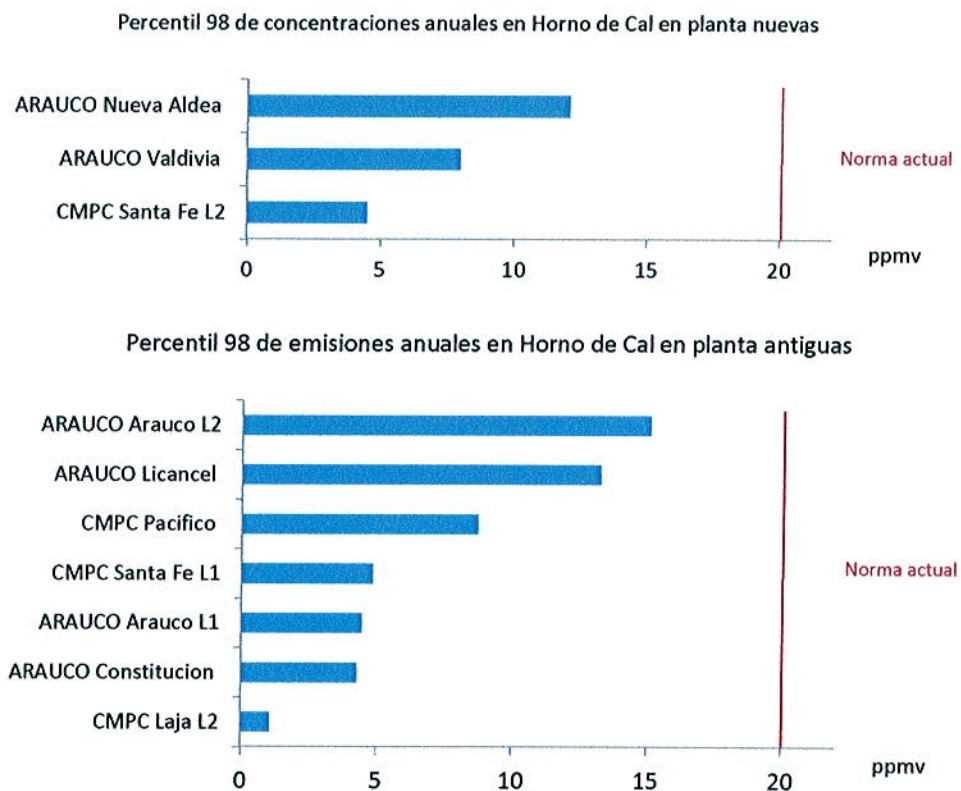


Fuente: Elaboración propia.

ii. *Horno de Cal*

En la figura 4-2 se muestra el percentil 98 de las concentraciones anuales (ppmv) del equipo Horno de Cal en plantas nuevas y plantas antiguas. Se observa que para ambos tipos de planta los equipos cumplen con la normativa actual.

Figura 4-2. Cumplimiento de norma en Horno de Cal (promedio años 2008- 2009)



Fuente: Elaboración propia.

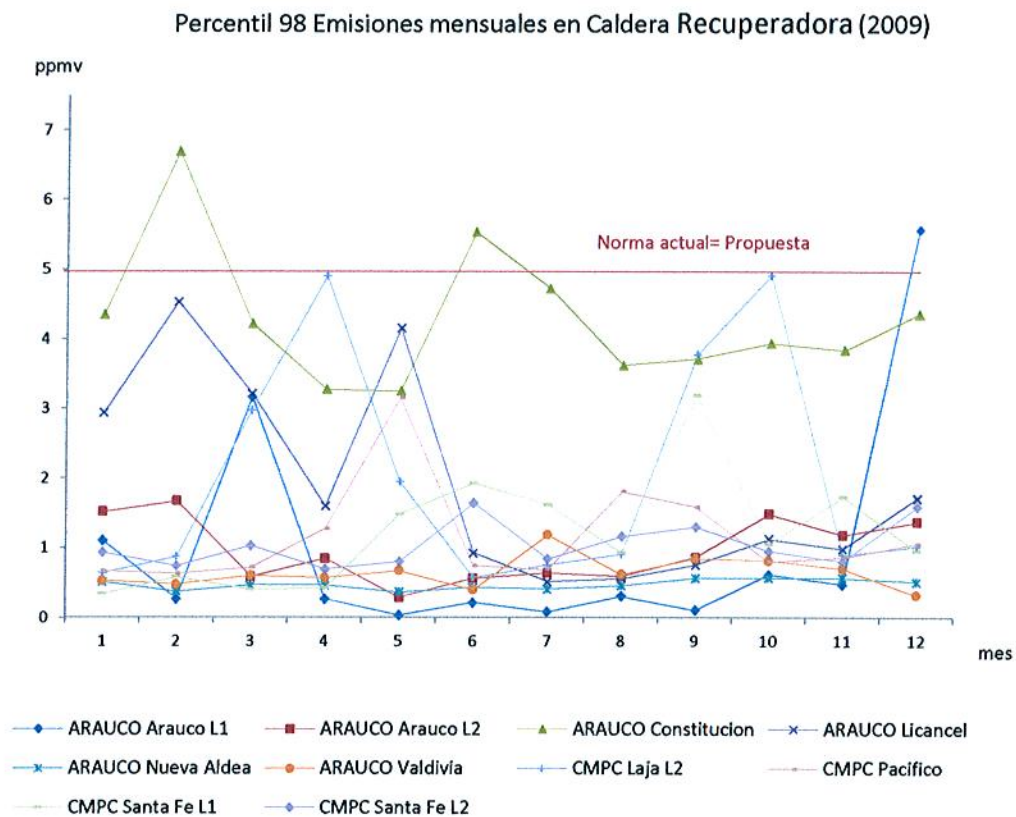


4.1.2 Normativa propuesta

i. Caldera Recuperadora

Considerando el cambio propuesto en la normativa, la figura 4-3 muestra el cumplimiento del límite de emisión propuesto para la Caldera Recuperadora.

Figura 4-3. Propuesta de norma en Caldera Recuperadora

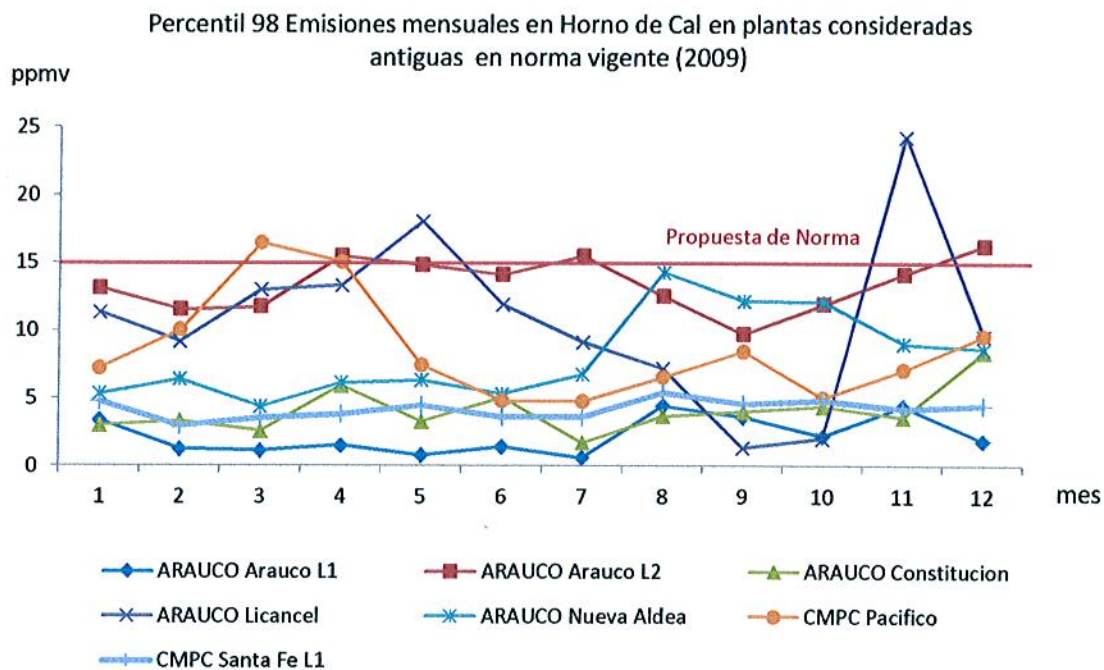
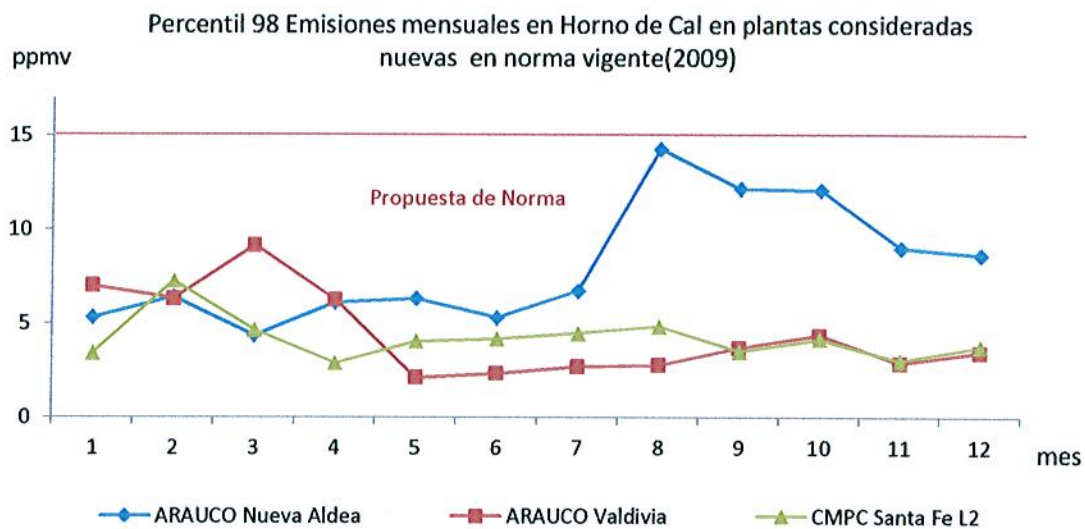


Fuente: Elaboración propia.

ii. Horno de Cal

Considerando el cambio propuesto en la normativa, la figura 4-4 muestra el cumplimiento del límite de emisión propuesto para el Horno de Cal.

Figura 4-4. Propuesta de norma en Horno de Cal



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En nueva propuesta normativa se realizan sólo dos distinciones, plantas existentes (incluye nuevas y antiguas en normativa vigente) y plantas nuevas (aquellas que inicien operaciones después de la entrada en vigencia del presente proyecto de revisión de norma.)



iii. EDLV

Actualmente 2 de las 8 plantas reguladas emiten gases TRS desde el EDLV. De acuerdo a los registros de emisiones todas estarían cumpliendo con los límites establecidos en el D.S.167/99, los cuales no se modifican para las plantas existentes.

4.1.3 Reducción estimada de emisiones

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación de reducción de emisiones potencialmente lograda por las modificaciones propuestas en el anteproyecto de norma D.S. N°167/99. Se observa como principal resultado, una reducción cercana a al 23% del total de emisiones actuales de gases TRS.

Tabla 4-5.Reducción de emisiones estimadas.

Planta	Emisiones en kg TRS/ton				Delta TRS
	Base		Con Proyecto		
	F. Fijas	F. Difusas	F. Fijas	F. Difusas	
CMPC Pacífico	20	130	7	52	91
CMPC Santa Fe L2	6	118	6	118	0
ARAUCO Nueva Aldea	6	103	6	103	0
ARAUCO Arauco L2	8	77	8	52	26
ARAUCO Constitución	8	53	8	35	18
ARAUCO Valdivia	3	55	3	55	0
ARAUCO Arauco L1	3	41	3	27	14
ARAUCO Licancel	6	35	3	14	24
CMPC Santa Fe L1	3	37	3	37	0
CMPC Laja L2	1	25	1	25	0
Total	64	674	48	518	173

Fuente: Elaboración Propia.

5. Identificación de impactos

La producción de celulosa mediante el proceso Kraft, genera emanaciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S), que favorecen la producción de otros gases orgánicos malolientes que contienen azufre, tales como los mercaptanos y sulfuro de dimetilo, los cuales son tratados en conjunto y denominados gases TRS (*Total Reduced Sulphur*) ó Azufre Reducido Total. Dichas emanaciones provienen de las etapas de digestión de los chips de madera, la evaporación y concentración de licor negro (caldera recuperadora, horno de cal, incinerador) y del estanque disolvedor de licor verde.

La principal vía de exposición del sulfuro de hidrógeno es la inhalación. Es un gas incoloro, inflamable y altamente tóxico, con un característico olor a huevo podrido que puede persistir en el ambiente, según su concentración y condiciones atmosféricas, desde uno hasta 42 días (WHO, 2003). El umbral de olor reportado para este gas es muy variable, pero generalmente es menos de 0,01 partes por millón (ppm) (McGavran 2001), aunque algunas personas pueden ser capaces de detectar el olor a concentraciones tan bajas como 0,0005 ppm (ATSDR, 1999).

Este gas puede ser especialmente peligroso en concentraciones de exposición continua superiores a 100 ppm sobre la cual, la mayoría personas padecería de fatiga olfativa o parálisis del nervio olfatorio, por lo que no saben que siguen expuestos al gas (ATSDR, 1999), causando una inflamación pulmonar grave, la pérdida de la conciencia, convulsiones, paro respiratorio, paro cardíaco y muerte.

A niveles bajos de exposición, el sulfuro de hidrógeno principalmente causa irritación de ojos y vías respiratorias y se ha asociado con síntomas neurológicos, incluyendo fatiga, dolor de cabeza, náuseas, mareos, pérdida de apetito, irritabilidad, problemas de memoria y alteraciones del estado de ánimo (McGavran 2001).

En ausencia de cualquier efecto físico, el olor del sulfuro de hidrógeno por sí solo puede ser molesto y afectar el bienestar. La Organización Mundial de la Salud (WHO 2003), plantea que los principales efectos sobre la salud de diversas concentraciones de sulfuro de hidrógeno en el aire son:



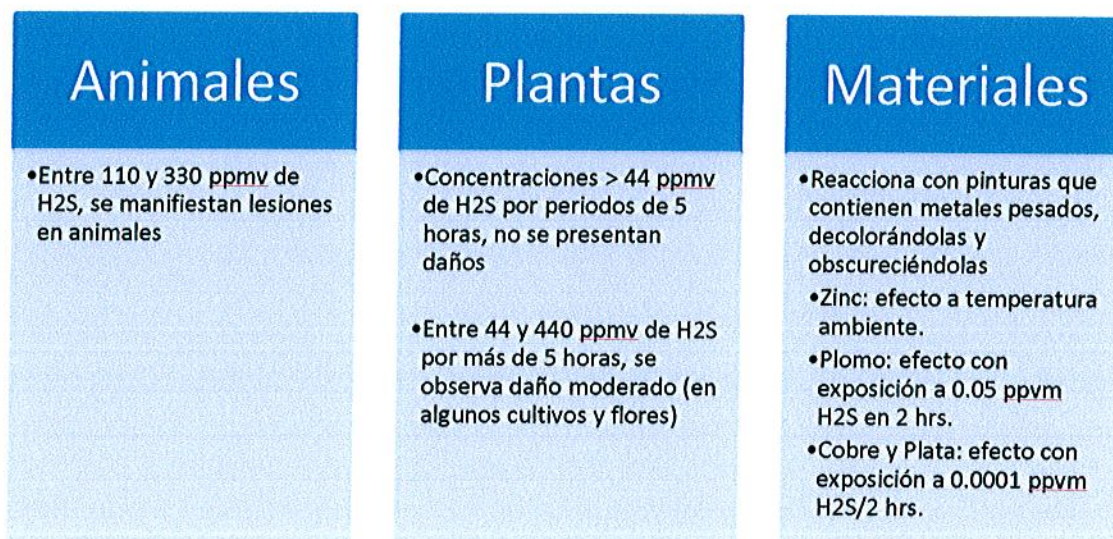
Tabla 5-1. Efectos en la salud expuestos a sulfuro de hidrógeno en aire

Exposición (ppmv)	Efecto/Observación
0,0005 - 0,01	Umbral de olor
0,01 - 0,6	Molestias en ojos y aparición de náuseas
	Comienza dolor de cabeza
	Problemas en sistema nervioso y órganos de los sentidos
2	Constricción bronquial en personas asmáticas
5	Aumento de molestias en ojos
	Alteraciones respiratoria leves, cardiovasculares y musculoesqueléticos
	Cambios metabólicos
3,6 - 21	Irritación en ojos
20	Fatiga, pérdida de apetito
	Dolor de cabeza, pérdida de memoria
	Irritabilidad, mareos
100	Parálisis olfatoria
> 560	Dificultad respiratoria
700	Muerte

Fuente: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, EEUU (2011).

Además de los impactos en salud, la presencia de concentraciones de compuestos TRS en el aire, genera diversos impactos en ecosistemas y animales. Algunos de los principales impactos se presentan en el siguiente esquema:

Figura 5-1. Impactos de concentraciones de compuestos TRS en ecosistemas y animales.



Otros impactos generados por emanaciones de gases TRS que han sido identificados, son los que afectan la realización de actividades deseables por la sociedad. Dentro de éstas se encuentran la realización de actividades al aire libre (recreación y esparcimiento), el desarrollo del turismo, la expansión de ciudades y poblados mediante la construcción y venta de propiedades, entre otras.

Por tanto, reducir las emisiones TRS y sus correspondientes niveles de concentración en el aire, permiten observar un aumento en el bienestar de las poblaciones que están siendo afectadas, reduciendo tanto los efectos en salud, como los efectos en adversos en el desarrollo de actividades como el turismo, la recreación y la valorización de propiedades (reducción de olores y de desgaste de materiales).



6. Costos

La modificación propuesta en el anteproyecto de revisión de norma para el D.S. N°167, obligaría a algunas plantas a incorporar medidas para cumplir con los nuevos estándares propuestos. El siguiente apartado revisará, por medida, las potenciales inversiones en modificaciones que deberán realizar las plantas de celulosa para ajustarse a lo solicitado por la regulación ambiental. Particularmente, los mayores costos para las empresas, se atribuirán a la implementación de sistemas de recolección de gases diluidos a lo largo de la línea de producción, los cuales se hacen cargo de controlar la emisión difusa de gases TRS.

6.1 Costos en la modificación límites máximos de emisión de gases TRS

6.1.1 Modificación Límite Caldera Recuperadora

Se mantiene el valor del límite máximo establecido, lo cual según información histórica permitiría un cumplimiento de todas las fuentes en lo relacionado a las emisiones provenientes de este tipo de fuente. Al analizar el cambio en la periodicidad de las mediciones para el cumplimiento, se observan sólo dos plantas que en algunos meses superan este límite, lo cual puede corregirse mediante ajustes en el control y operación de las plantas. Adicionalmente, ésta modificación no incrementa los costos por monitoreo y reporte para la empresa dado que actualmente tienen implementado un sistema de medición continua que permite realizar el número de reportes que sea necesario sin realizar inversiones para tal efecto.

Según lo anteriormente expuesto, no se perciben costos asociados a esta modificación.

6.1.2 Horno de Cal

Según los antecedentes presentados, el cambio de 20 ppmv a 15 ppmv de H₂S para plantas existentes, sería factible de cumplir para todas las plantas en esta categoría, dado que en promedio, ellas reportan volúmenes en un rango entre los 5 y los 15 ppmv de H₂S. Las fuentes que se ven comprometidas con mejorar sus niveles de cumplimiento son de la empresa ARAUCO en sus plantas Licancel y Arauco L2. Igualmente, la planta Pacífico de la empresa CMPC, aún cuando cumpliría la nueva norma, estaría cercana al límite de cumplimiento, según datos analizados (Ver figuras 4-4 y 4-5).

Por otra parte, las plantas nuevas deberán cumplir con un nuevo estándar de 10ppmv de H₂S para este tipo de fuente. Esta nueva exigencia, compromete sólo a aquellas que inician operaciones con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente revisión de norma.

Al igual que en el caso de la caldera recuperadora, las situaciones fuera de norma para el horno de cal de las empresas mencionadas puede corregirse mediante ajustes en el control y operación de las plantas.⁵

Según lo anteriormente expuesto, no se perciben costos asociados a esta modificación.

6.1.3 Estanque Disolvedor de Licor Verde (EDLV)

Actualmente 2 de las 8 plantas reguladas por el D.S. N°167, emiten gases TRS desde el EDLV, y de acuerdo a los registros de emisiones, ambas estarían cumpliendo con los límites establecidos actualmente, los cuales no se modifican para las plantas existentes. De acuerdo a los antecedentes aportados por las empresas respecto de las estimaciones de inversión requeridas para recolectar la emisión de gases TRS desde el EDLV, se logra identificar que la inversión requerida por el sector es de aproximadamente 3,2MMUSD, la tabla siguiente muestra la desagregación por planta.

Tabla 6-1. Costos de Inversión para reducción de TRS en EDLV

Planta	Inversión para recolección de TRS en EDLV(MMUSD)
ARAUCO Licancel	0,79
CMPC Pacífico	2,4
Total Inversión	3,19

Fuente: Elaboración Propia basada en información su ministrada por empresas del sector regulado.

Adicionalmente, la operación anual atribuible a las mediciones continuas requeridas en la nueva propuesta normativa, alcanzan los 50.000 UDS anuales.

6.2 Sistema de recolección de gases

Como se muestra en la tabla 3-6, la mayoría de plantas nuevas o recientemente modificadas, cuentan con un sistema completo de recolección de gases, que cubre las tres áreas de interés: Evaporadores, Fibra y Caustificación. A diferencia, existen plantas que aún no cuentan con un sistema completo de recolección de gases y sólo han realizado inversiones en las áreas de Evaporadores y Fibra, y dos plantas carecen completamente de dicho sistema, son los casos de las plantas Licancel y Pacífico de empresas Arauco y CMPC, respectivamente.

⁵ No obstante, empresas como Arauco consideran que para bajar las emisiones de TRS en HC el costo puede variar entre 0,5 a 1,0 MMUSD.



De acuerdo a consultas con profesionales expertos de ambas empresas, implementar un sistema de recolección de gases requerirá de una fuerte inversión, principalmente en el área de Caustificación. Específicamente, la empresa CMPC, estudió el caso de su planta Pacífico, y estimó que el costo de inversión para la implementación de un sistema de recolección de gases en dicha la planta, bordearía los 15 MMUSD, de los cuales un 50% correspondería a atender la recolección de gases del área de Caustificación, y el 50% restante correspondería a la recolección en las zonas de línea de fibra y evaporadores, con un 25% respectivamente.

De lo anterior, se estima que el costo de implementación de esta medida para las plantas que lo requieren, asciende a **52.5 MMUSD**, según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6-2. Inversiones Estimadas en Sistema de Recolección de Gases por planta y línea de producción

Planta	Área de Evaporadores	Línea de Fibras	Zona de Caustificación
ARAUCO Licancel	3,75	3,75	7,5
ARAUCO Constitución	0	0	7,5
ARAUCO Arauco L1	0	0	7,5
ARAUCO Arauco L2	0	0	7,5
CMPC Pacífico	3,75	3,75	7,5
Total Inversión	7,5	7,5	37,5

Fuente: Elaboración Propia basada en información su ministrada por empresas del sector regulado.

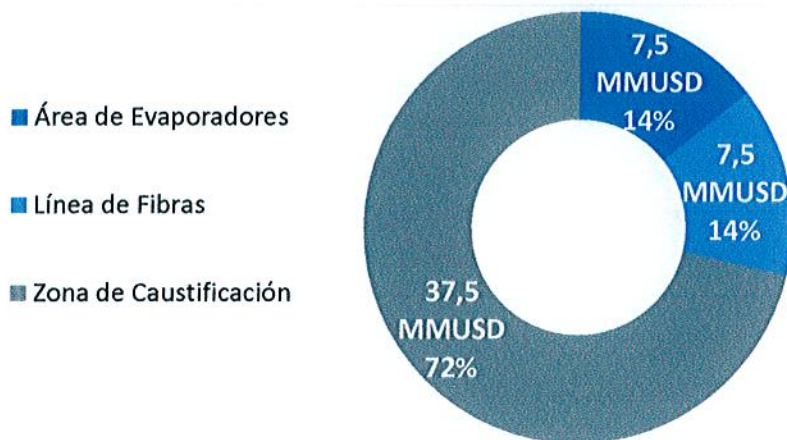
6.3 Resumen Costos por Modificaciones al D.S. N°167/99.

En esta sección se presentan, en forma gráfica, los principales resultados en materia de costos de inversión y algunos indicadores relacionados.

Las estimaciones de costos para recolectar la emisión de gases TRS desde el EDLV, deben ser asumidas en un 80% por la planta CMPC Pacífico (con 2.4 MMUSD) y en un 20% por ARAUCO Licancel (0.79 MMUSD). A lo anterior se adiciona

Los costos asociados a la recolección de gases diluidos, o gases emitidos por fuentes difusas, ascienden a los 52 MMUSD, distribuidos de la siguiente manera en las diferentes áreas de procesos:

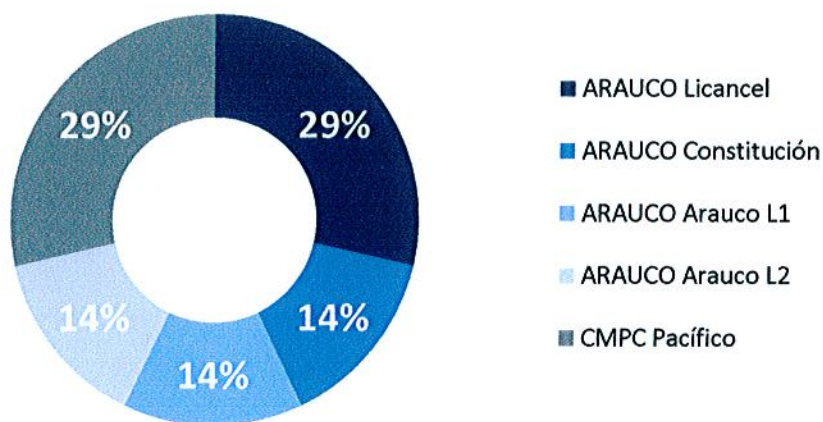
Figura 6-1. Distribución de costos asociados a la recolección de fuentes difusas.



Fuente: Elaboración propia

Se identifican cinco plantas que requieren realizar inversiones en la recolección de gases diluidos, cuatro pertenecen al grupo empresarial ARAUCO S.A. y una a empresas CMPC Celulosa S.A. La distribución de costos según plantas se presenta a continuación.

Figura 6-2. Distribución de costos asociados a la recolección de fuentes difusas.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la empresa que mayor inversión deberá realizar para cumplir con la normativa propuesta para el sector celulosas, es la empresa ARAUCO S.A., con un total de 38,34 MMUSD estimados (71% del total) y la empresa CMPC Celulosa S.A., deberá realizar inversiones del orden de 15 MMUSD.

7. Identificación de beneficios

Para identificar los beneficios del proyecto de revisión de norma es necesario estudiar caso a caso la ubicación de las plantas, considerando la dinámica de vientos de cada lugar y su cercanía con los poblados aledaños hasta una distancia de 35 km aproximadamente.

Igualmente es necesario conocer los niveles de concentraciones promedio horario emitidos por las fuentes y determinar si éstos llegan a constituirse en una amenaza y/o deterioro del bienestar para las poblaciones aledañas a las plantas de celulosa.

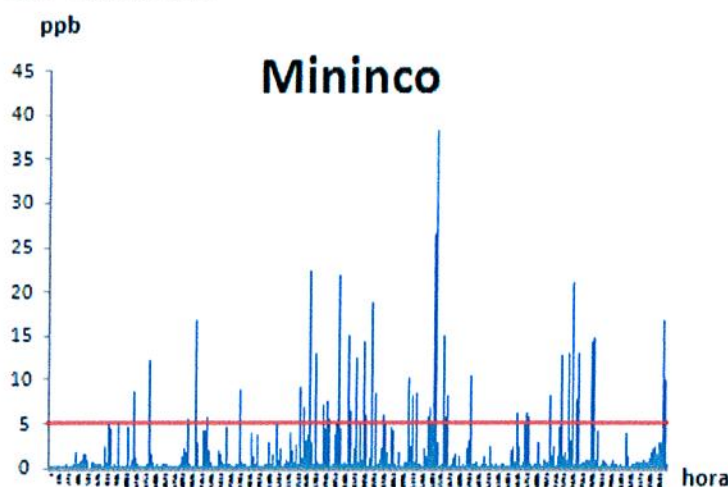
7.1 Niveles de concentración de gases TRS (Antecedentes sobre Calidad)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere una exposición a concentraciones de H₂S no superior a 5ppb⁶ en media hora. Estudios realizados sugieren que la dispersión de gases TRS originada por puntos de emisión de baja altura, puede llegar hasta 10 Km a la redonda.

Actualmente, se cuenta con mediciones de la concentración de gases TRS a nivel horario (2009) en las localidades de Nacimiento, Lautaro, Laja y Mininco. La figura 7-1 presenta las mediciones existentes en partes por billón (ppb).

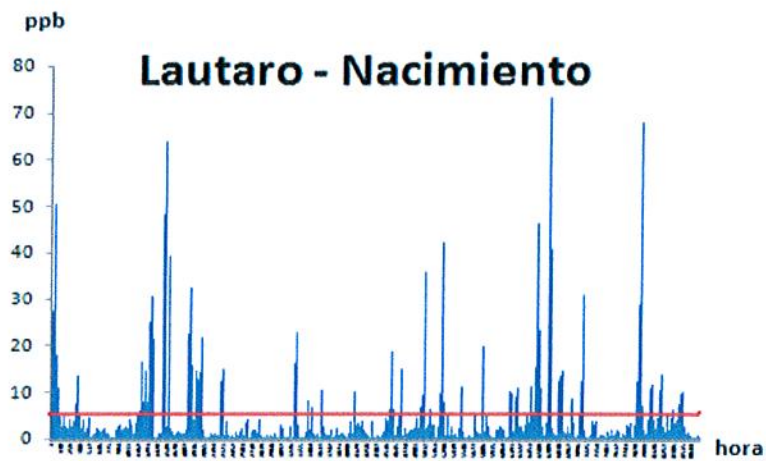
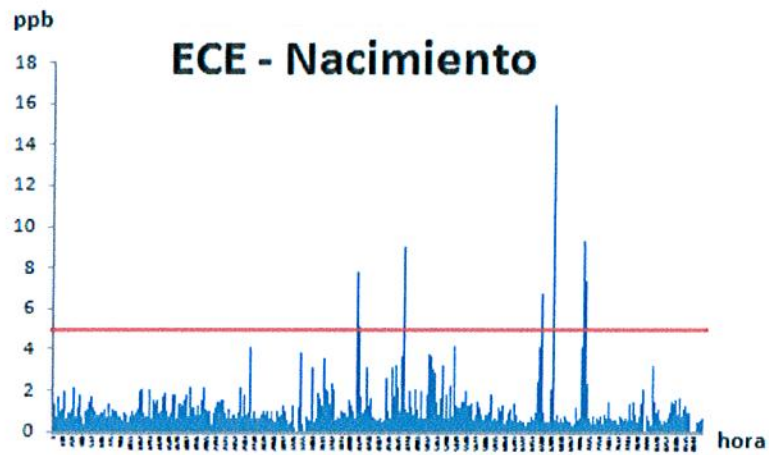
Figura 7-1. Mediciones de calidad gases TRS en localidades donde se dispone de información

Planta Pacífico de CMPC en Mininco

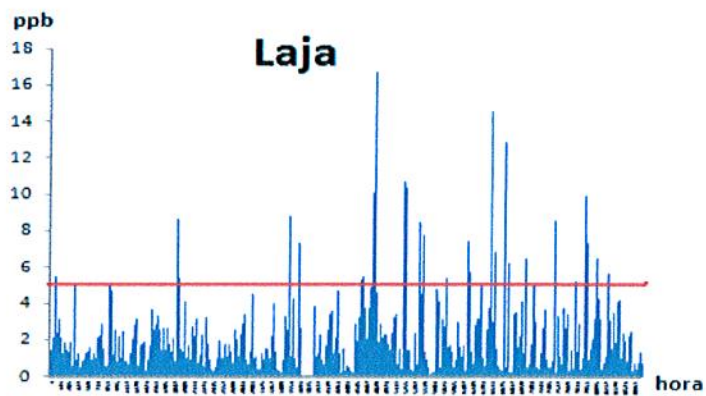


⁶ 1 ppmv = 1000 ppb, por lo que 1 ppb = 0,001 ppmv

Planta Santa Fé de CMPC en Nacimiento

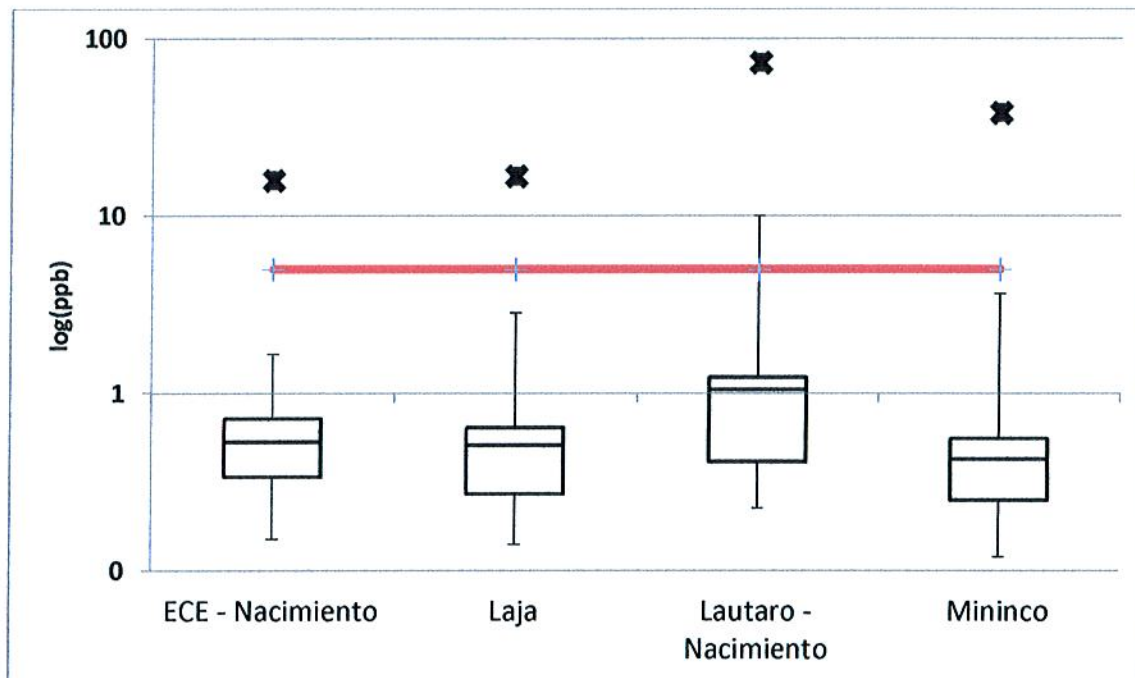


Planta Laja de CMPC en Laja



No obstante, si observamos la concentración promedio horaria vemos que existen muchos episodios de excedencia del nivel recomendado por la OMS (5ppb). La figura 7-2 muestra la los percentiles de los datos de calidad que están disponibles:

Figura 7-2. Estadística de datos de concentraciones de TRS disponibles (2009)



Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por CMPC

Según la información existente, localidades como Mininco presentaron, para el 2009, 56 días de superación de los niveles recomendados por la OMS, lo cual, si se considera una distancia de 10km a la redonda, afecta por lo menos a 5.500 personas⁷. Nacimiento llegó a tener 68 días de excedencia de dicho nivel y Laja 27 días.

7.2 Impactos por presencia de gases TRS

i. Impacto en la calidad de vida y bienestar de las poblaciones vecinas a las plantas

En consideración a lo anteriormente expuesto, podemos inferir que respecto a los impactos de las reducciones de emisiones de gases TRS en el bienestar de la población hay que destacar que:

⁷ Para detalle de localidades y número de habitantes potencialmente impactados por emisiones de gases TRS para cada una de las plantas existentes ver Anexo.

-
- a) *“Las reducciones en emisiones del EDLV y la recolección de gases diluidos, van a significar un mejoramiento de la calidad del aire en un área que se extiende desde unos 5 km hasta unos 10 km de la planta.*
- b) *Las reducciones en emisiones del sistema de GNC y de la limpieza de condensados mejorará la calidad del aire en el entorno inmediato de las plantas, es decir, dentro de los 5 km a la redonda.”⁸*

La ponderación de los valores reducidos, en cada fuente emisora de esta revisión de norma, deben considerar que las emisiones provenientes de la Caldera Recuperadora consisten solamente en H₂S, (compuesto más tóxico entre todos los TRS) mientras que las emisiones del sistema de GNC, si bien son más masivas, poseen una menor concentración de H₂S. Además, las distintas emisiones impactan de manera diferente y en zonas diferentes del entorno de las plantas. Esto hace que sea muy difícil el poder establecer funciones de daño al bienestar de las personas y valorizar los beneficios de reducción de emisiones en un escenario con la norma vigente y con la aplicación de revisión de norma.

En el caso de los olores, habría que valorar los beneficios de la regulación mediante una valoración de precios hedónicos de la propiedad, por ejemplo, o bien mediante encuestas a disposición a pagar por una determinada propiedad. Sin embargo, para poder llevar a cabo este tipo de estimaciones, es necesario contar con información detallada acerca de las variables que afectan el precio de una propiedad en la zona de influencia de una planta, o bien realizar una encuesta ad hoc. Esto hace que no sea posible asignarle un valor monetario a los eventuales beneficios económicos de la regulación. La alternativa que queda sería realizar una evaluación ex post de beneficios económicos de la regulación, una vez que se implemente la revisión de norma, por ello se propone exigir a las plantas que realicen mediciones de campañas de olores.

⁸ Información obtenida en Informe Final año 1999, en el cual se realizó una simulación de dispersión de gases TRS.



8. Conclusiones

El análisis de costos entregó como resultado que los costos que más impactan en el total de costos de cumplimiento de la Industria corresponden a la recolección de gases diluidos. Esta modificación representa un 91% del costo total de la modificación propuesta, con un monto aproximado de 52 MMUSD.

La siguiente tabla muestra un resumen de los costos totales para un período de evaluación de 10 años y a una tasa del 6%:

Tabla 8-1. Costos Totales Estimados de la Revisión de Norma.

Tipo de Costo	VP (MMUSD)			Flujo Anual (MMUSD)		
	ARAUCO	CMPC	Total	ARAUCO	CMPC	Total
Recolección de TRS en EDLV	\$ 0,79	\$ 2,40	\$ 3,19	-\$ 0,11	-\$ 0,33	-\$ 0,43
Sistema Monitoreo	\$ 0,05	\$ 0,05	\$ 0,10	-\$ 0,01	-\$ 0,01	-\$ 0,01
Sistema Recolección Gases Diluidos	\$ 37,50	\$ 15,00	\$ 52,50	-\$ 5,10	-\$ 2,04	-\$ 7,13
Total	\$ 38,34	\$ 17,45	\$ 55,79	-\$ 5,22	-\$ 2,38	-\$ 7,57

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la reducción de emisiones estimada, esta alcanza los 171 TRS KG/Ton de producción, cifra cercana al 23% del total de emisiones actuales de todas las plantas.

Los principales beneficios, de la modificación de regulación propuesta, fueron identificados pero no valorados económicamente dada la ausencia de información en el país con el nivel de detalle requerido, así como la magnitud de recursos y tiempo necesarios para una campaña de recolección de antecedentes mínimos. No obstante, los mayores beneficios están asociados a la recolección de gases no condensables diluidos, los cuales se emiten a baja altura y cuyos niveles de percepción son probablemente más altos que los gases emitidos por fuentes puntuales. Adicionalmente, los niveles de concentración de gases TRS no permiten identificar impactos medios o graves a la salud. No obstante, se cuenta con evidencia de concentraciones horarias (episodios) que sobrepasan los niveles recomendados por la OMS en algunas localidades, lo que se condice con la propuesta de ajustar los límites de emisión establecidos y el objetivo preventivo de la norma.

9. Bibliografía

Arauco, C. (2010). Información Complementaria para Proceso de Revisión de Norma de Emisión de TRS.

Canales, P. (2007). La contaminación por olores y su regulación en la legislación nacional y extranjera (España y Alemania). B. Borquez. Santiago, Chile, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2.

CONAMA (2001). Manual de aplicación de la norma de emisión olores molestos. Santiago, Chile.

DSS, A. I. I. (2009). Análisis técnico-económico de revisión de la norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases trs) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada. E. p. CONAMA. Santiago, Chile.

Ministerio de Relaciones Exteriores, D. (2011). Comercio Exterior de Chile cuarto trimestre 2010. D. G. d. R. E. I. Departamento de Estudios. Santiago, Chile.

Olores.org (2007). "Autorizaciones Ambientales Integradas y Valores Límites Olor." from http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=97%3Aippc-permits-and-odour-emission-limits&catid=28%3Alegislacion&Itemid=81&lang=es.

Universidad de Chile, D. G. f. (2011). "Explorador de Energía Eólica."

WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. No. 91.

10. Anexos

10.1 Perfiles de Vientos en las fuentes identificadas

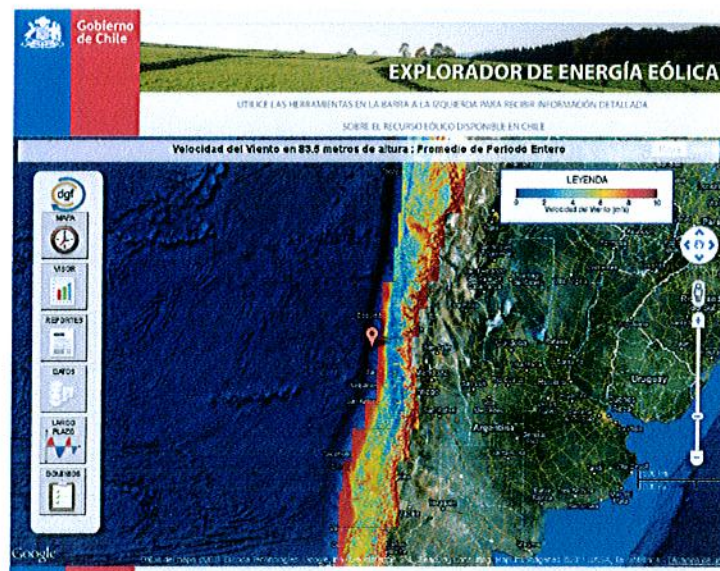
10.1.1 Descripción de *softwares* empleados

Para obtener información sobre la dirección de vientos en cada planta se utilizó el Explorador de Energía Eólica desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile en conjunto con el Ministerio de Energía.

El modelo empleado fue el WRF (*Weather Research and Forecasting*) versión 3.2. Se aplicó con una resolución espacial de 1 kilómetro. Los periodos de simulación considerados corresponden a los meses de enero, abril, julio y octubre del año 2010. La simulación corresponde a una modelación atmosférica de mesoescala, es decir, independiente de estaciones meteorológicas locales. Ello significa que sus resultados, en particular con la magnitud de las variables modeladas, no deben ser considerados plenamente confiables sin ser corroborados previamente con mediciones in situ.

Para determinar la ubicación de cada planta y su distancia con las localidades cercanas, se utilizó el *software Google Earth 6.0.2*.

Figura 10-1. Navegador de Energía Eólica.



Fuente: <http://emc.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico/>

10.1.2 Dirección del viento

Los resultados de la modelación se presentan a través de 4 rosas de vientos para los meses de enero, abril, julio y octubre del año 2010. En una rosa de vientos se presenta la información respecto a la distribución de frecuencia de la dirección de la velocidad del viento. La dirección del viento es un ángulo que indica el sector desde donde proviene el viento. En particular para un valor 0° el viento viene del Norte; para 90° se tiene viento del Oeste; en el caso de 180° el viento es del Sur; y para 270° se tiene viento del Este.

Las barras azules en la rosa de vientos indican el porcentaje de los valores horarios según la dirección del viento. Las barras rojas indican el rango intercuartil de velocidad del viento para cada intervalo de dirección (Universidad de Chile 2011).

10.1.3 Análisis caso a caso

i. *Planta Licancel – Arauco*

Esta planta se ubica en la zona norte de la Región del Maule en el km 3 camino a Iloca, comuna de Licantén, coordenadas $34^\circ 59' 11.79'' S$, $72^\circ 1' 15.63'' O$ Datum WGS84. Las localidades más cercanas son Licantén, Curepto, Vichuquén, Iloca y Hualañé.

Tabla 10-1. Localidades cercanas a la Planta Licancel

Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Licantén	3 km / Este	6.900
Curepto	10 km / Sur	10.810
Vichuquén	16 km / Norte	4.919
Iloca	16 km / Oeste	345
Hualañé	20 km / Este	6.740

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

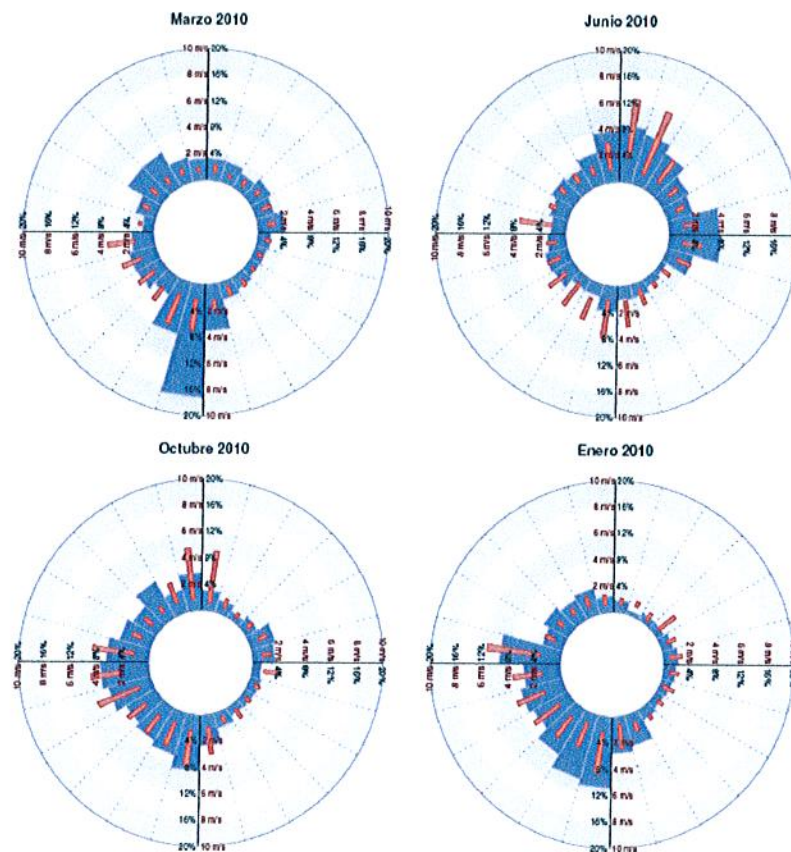
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente de desde el Sur. En el mes junio provienen principalmente desde el Noreste. En octubre desde el Oeste y en Enero desde el Suroeste.

Figura 10-2. Ubicación de la Planta Licancel



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-3. Rosa de vientos en Planta Licancel



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía.

ii. Planta Constitución – Arauco

Esta planta se ubica en la zona costera de la Región del Maule, en la comuna de Constitución. La planta está dentro de la ciudad, en la calle Av. Mac-iver N° 505, 35°19'24.27"S,72°25'1.83"O Datum WGS84, por lo que la población más expuesta son los habitantes de esta misma comuna. Las localidades más cercanas, además de la ciudad de Constitución, son Las Cañas, Pellines, Putú y Empedrado.

Tabla 10-2. Localidades cercanas a la Planta Constitución

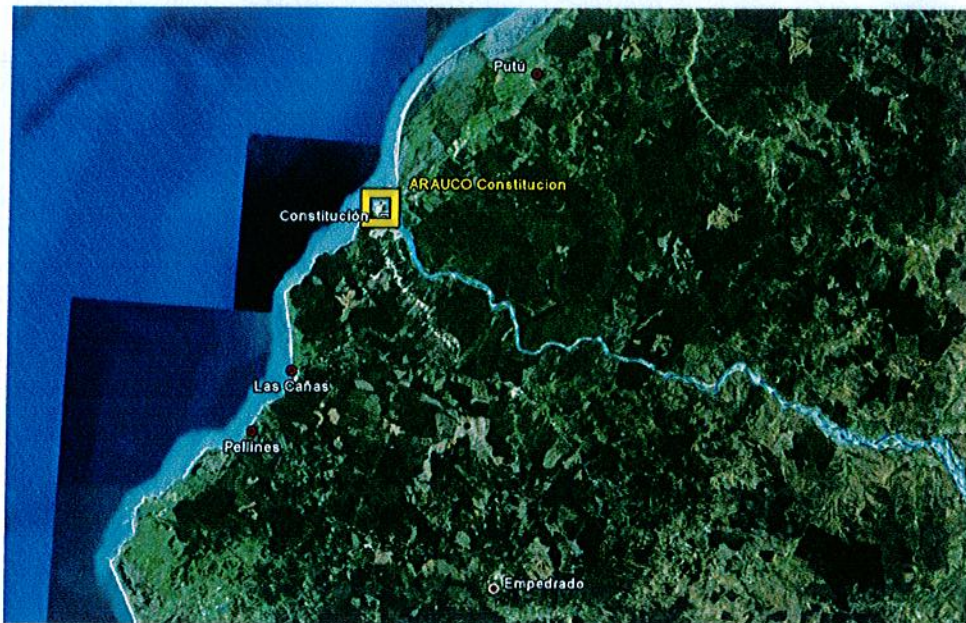
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Constitución	0 km / -	46.080
Las Cañas	15 km / Suroeste	150
Putú	17 km / Noreste	2.000
Pellines	20 km / Suroeste	1.200
Empedrado	32 km / Sureste	4.230

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

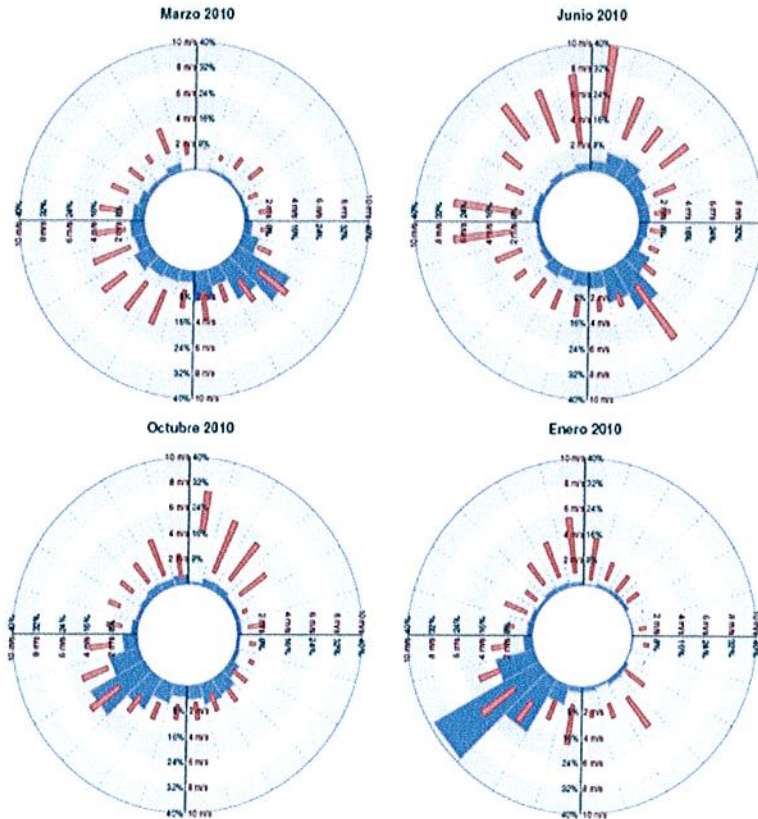
Para esta planta se observa que en los meses de marzo y junio los vientos provienen principalmente desde el Sureste. En los meses de octubre y enero provienen principalmente desde el Suroeste.

Figura 10-4. Ubicación Planta Constitución



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-5. Rosa de vientos en Planta Constitución



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía.

iii. Planta Nueva Aldea – Arauco

Esta planta se ubica en la Región del Biobío, en el sector Nueva Aldea autopista Itata km 21, comuna de Ránquil, 36°39'27.82"S, 72°28'25.22"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Ránquil, Quillón, Bulnes, Portezuelo y Chillán.

Tabla 10-3. Localidades cercanas a la Planta Nueva Aldea

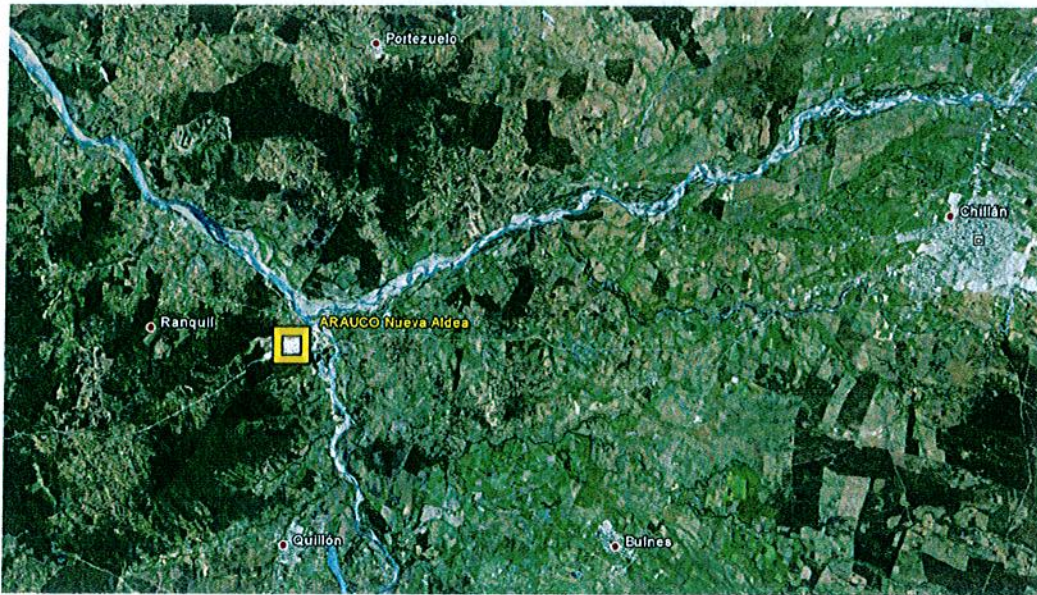
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Ránquil	6 km / Oeste	5.300
Quillón	9 km / Sur	15.470
Portezuelo	14 km / Norte	5.290
Bulnes	18 km / Sureste	20.500
Chillán	33 km / Este	161.953

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

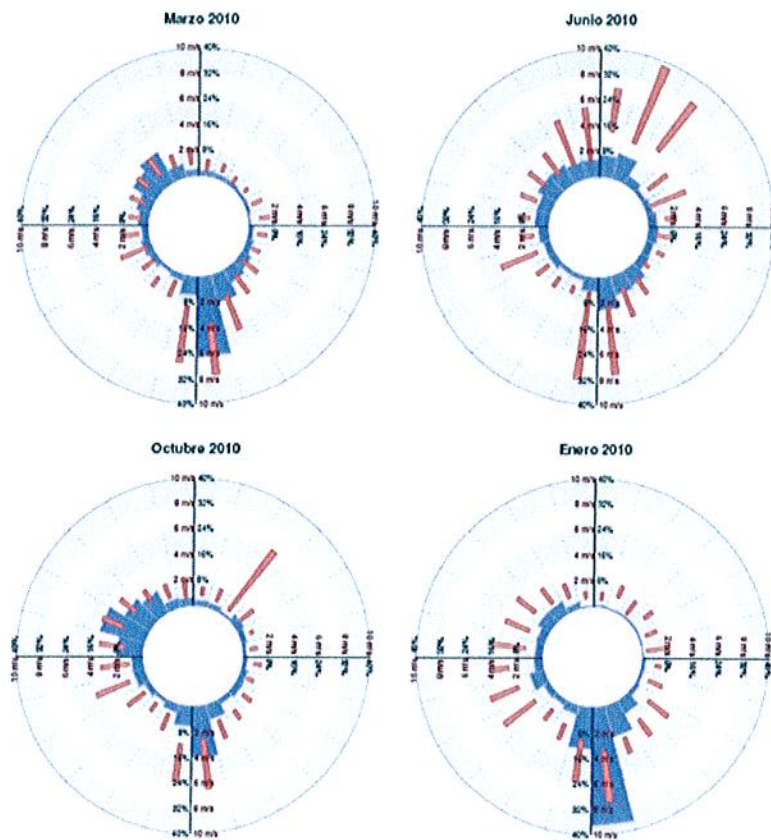
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Sur, en el mes de junio no existe una dirección predominante, en octubre los vientos provienen desde el Noroeste y desde el Sur, y en el mes de enero principalmente provienen desde el Sur.

Figura 10-6. Ubicación de la Planta Nueva Aldea



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-7. Rosa de vientos en Planta Nueva Aldea



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía.

iv. Planta Arauco – Arauco

Esta planta se ubica en la Región del Biobío, en el sector Los Horcones s/n Fundo la Playa, comuna de Arauco, 37°12'25.45"S, 73°13'36.83"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Carampangue, Laraquete, Arauco, Lota, Santa Juana y la Isla Santa María.

Tabla 10-4. Localidades cercanas a la Planta Arauco

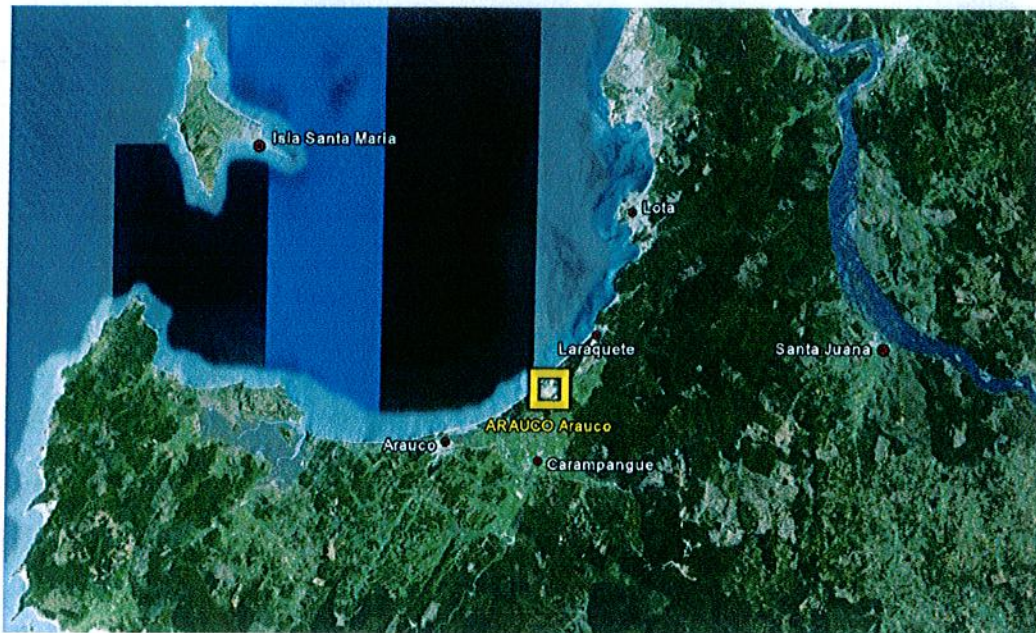
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Carampangue	5 km / Sur	3.840
Laraquete	6 km / Noreste	4.600
Arauco	9 km / Suroeste	34.873
Lota	15 km / Noreste	49.090
Santa Juana	25 km / Este	13.150
Isla Santa María	30 km / Noroeste	2.200

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

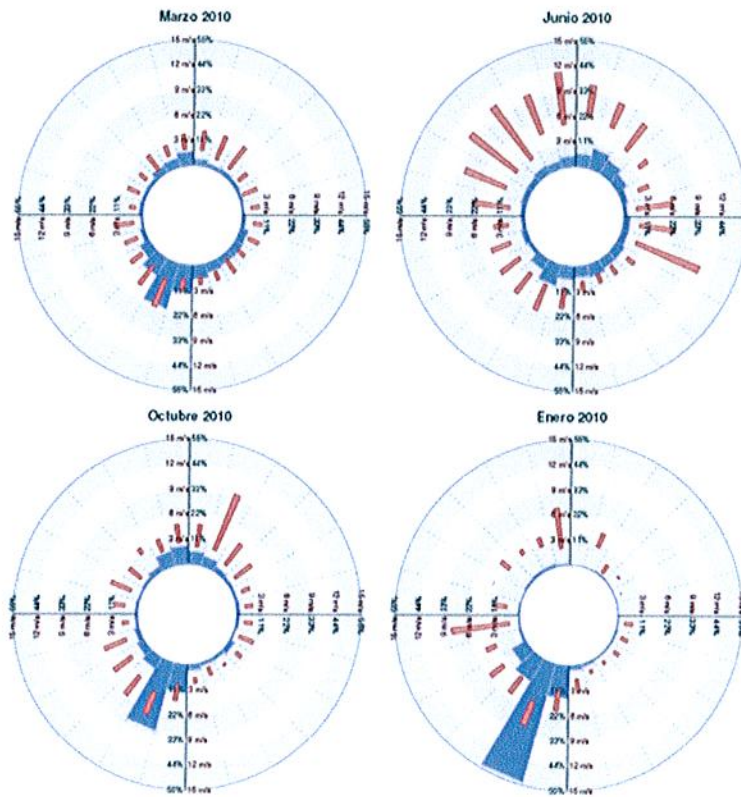
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Suroeste, en el mes de junio no existe una dirección predominante y en octubre y enero los vientos provienen principalmente desde el Suroeste.

Figura 10-8. Ubicación de la Planta Arauco



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-9. Rosa de vientos en Planta Arauco



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía

v. *Planta Laja – CMPC*

Esta planta se ubica en la Región del Biobío, en la comuna de Laja, calle Balmaceda N° 30, 37°17'25.75"S, 72°42'37.49"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Laja, San Rosendo, Santa Juana y Yumbel.

Tabla 10-5. Localidades cercanas a la Planta Laja

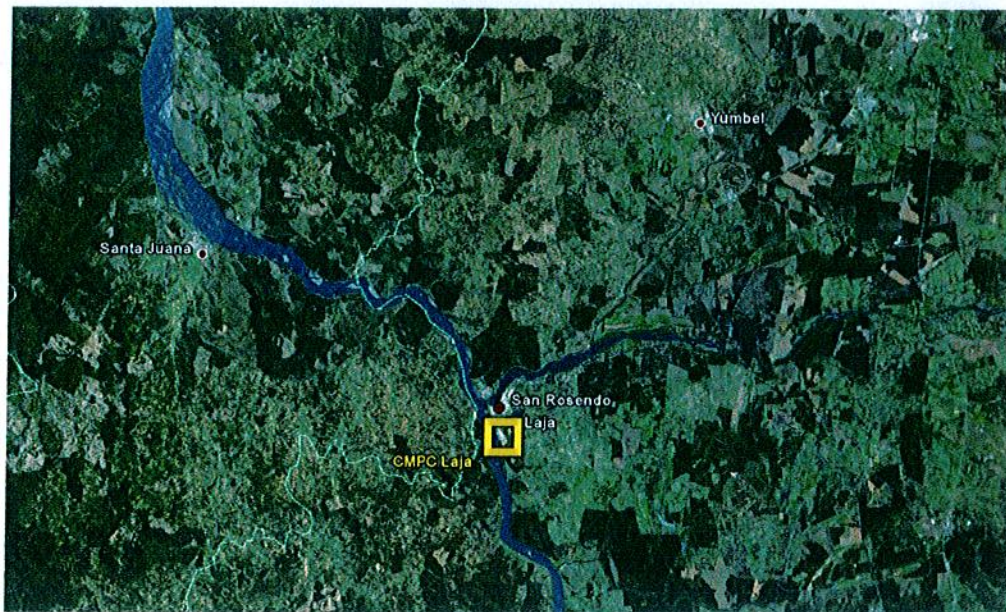
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Laja	1 km / Norte	22.400
San Rosendo	3 km / Norte	3.920
Santa Juana	23 km / Noroeste	13.150
Yumbel	25 km / Noreste	20.498

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

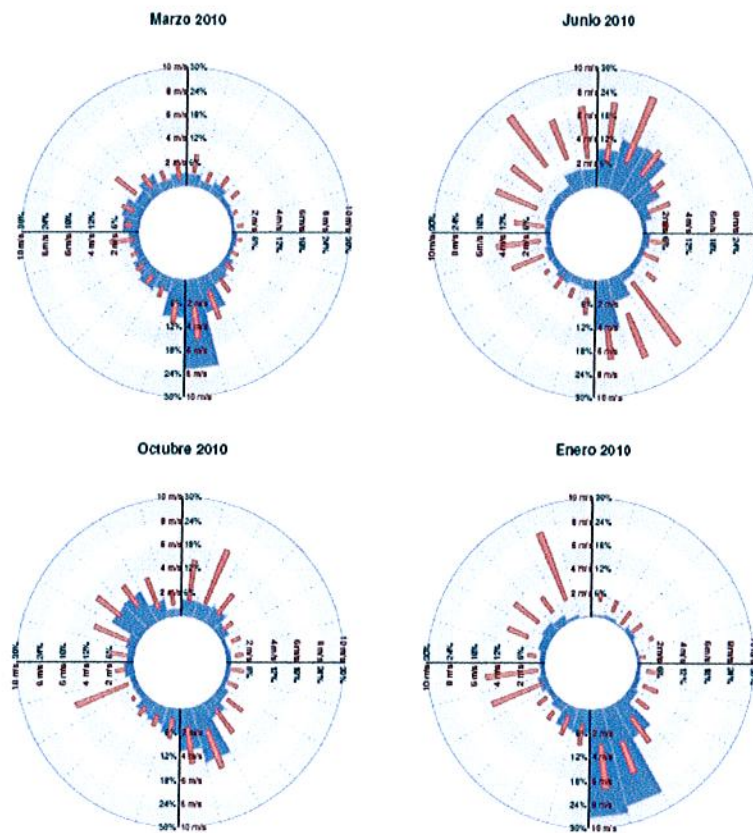
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Sur, en el mes de junio desde el Noreste, en el mes de octubre no existe una dirección predominante y en enero los vientos provienen principalmente desde el Sureste.

Figura 10-10. Ubicación de la Planta Laja



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-11. Rosa de vientos en Planta Laja



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía

vi. *Planta Santa Fe – CMPC*

Esta planta se ubica en la Región del Biobío, en la comuna de Nacimiento, Av. Julio Hemmelmann N° 670, 37°31'1.34"S, 72°39'7.83"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Nacimiento, Negrete, Renaico y Los Ángeles.

Tabla 10-6. Localidades cercanas a la Planta Santa Fe

Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Nacimiento	2 km / Norte	25.970
Negrete	12 km / Sureste	8.580
Renaico	17 km / Sur	9.130
Los Ángeles	27 km / Este	166.560

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

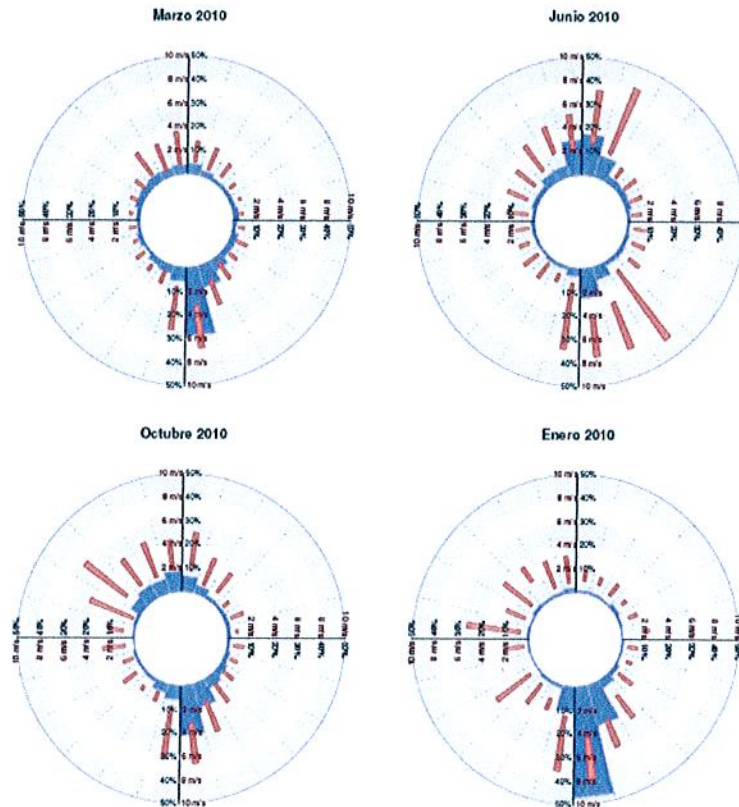
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Sur, en el mes de junio desde el Norte, en el mes de octubre y enero predominan los vientos desde el Sur.

Figura 10-12. Ubicación de la Planta Santa Fe



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-13. Rosa de vientos en Planta Santa Fe



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía

vii. *Planta Pacífico – CMPC*

Esta planta se ubica en la zona norte de la Región de la Araucanía, en la comuna de Mininco Av. Alessandri N°1, comuna de Collipulli, 37°47'29.33"S, 72°28'53.26"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Mininco, Angol, Renaico, Mulchén y Collipulli.

Tabla 10-7. Localidades cercanas a la Planta Pacífico

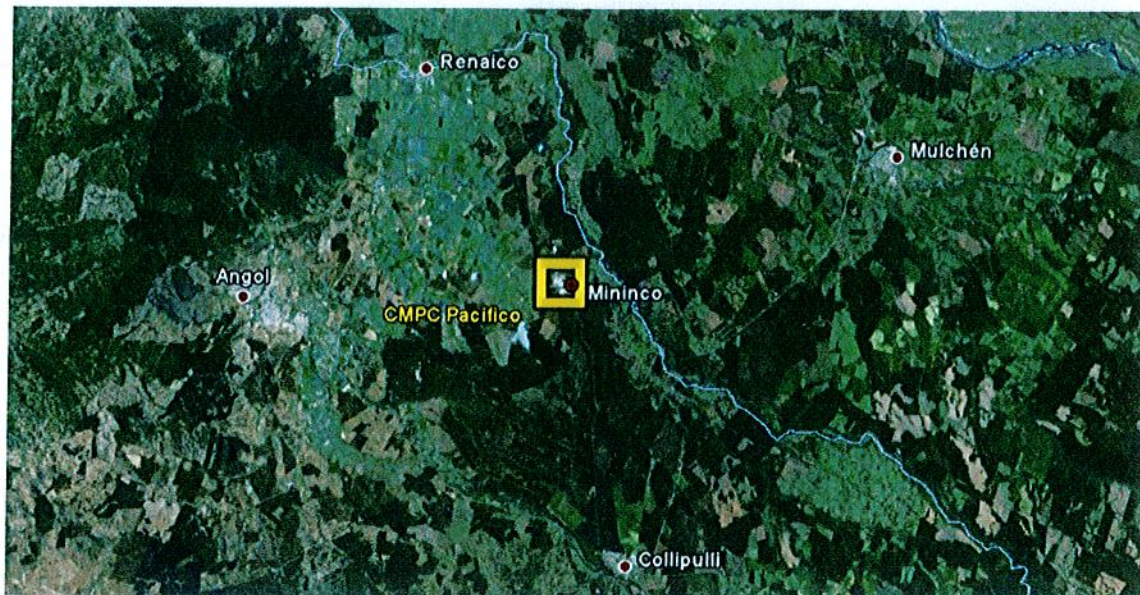
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Mininco	1 km / Este	5.500
Renaico	16 km / Noroeste	9.130
Collipulli	18 km / Sur	22.000
Angol	19 km / Oeste	53.996
Mulchén	23 km / Noreste	29.000

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

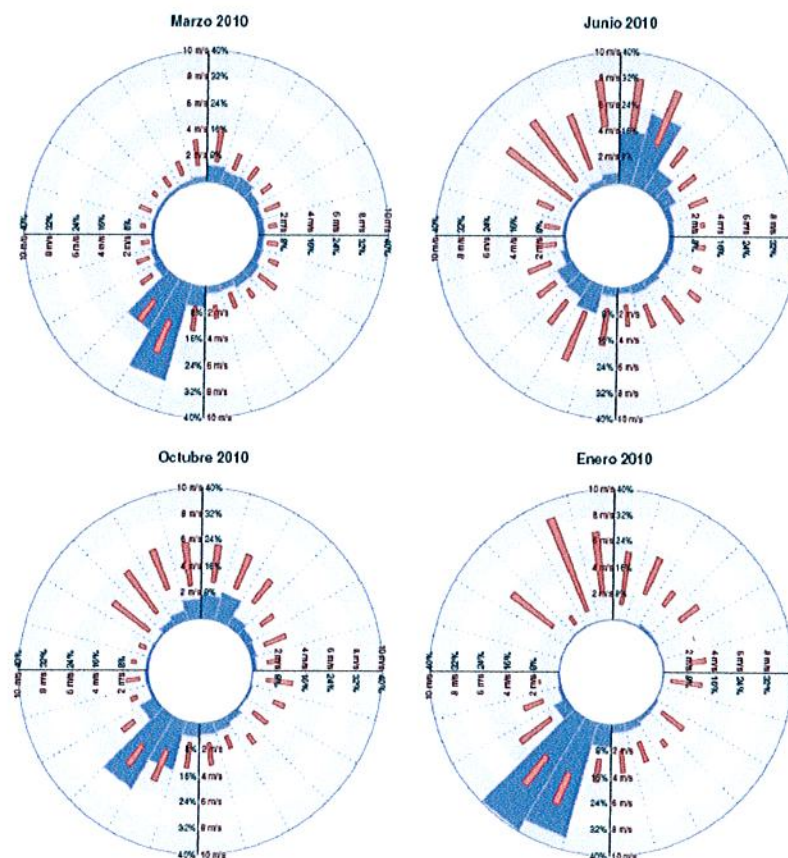
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Suroeste, en el mes de junio desde el Noreste y en los meses de octubre y enero predominan los vientos desde el Suroeste.

Figura 10-14. Ubicación de la Planta Pacífico



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-15. Rosa de vientos en Planta Pacífico



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía

viii. *Planta Valdivia – Arauco*

Esta planta se ubica en la zona norte de la Región de los Ríos, en la ruta 5 Sur, km 788, sector Rucaco, comuna de Mariquina, 39°33'50.06"S, 72°53'55.62"O Datum WGS84. Las localidades más cercanas a la planta son Mariquina, Máfil, Lanco y Loncoche.

Tabla 10-8. Localidades cercanas a la Planta Pacífico

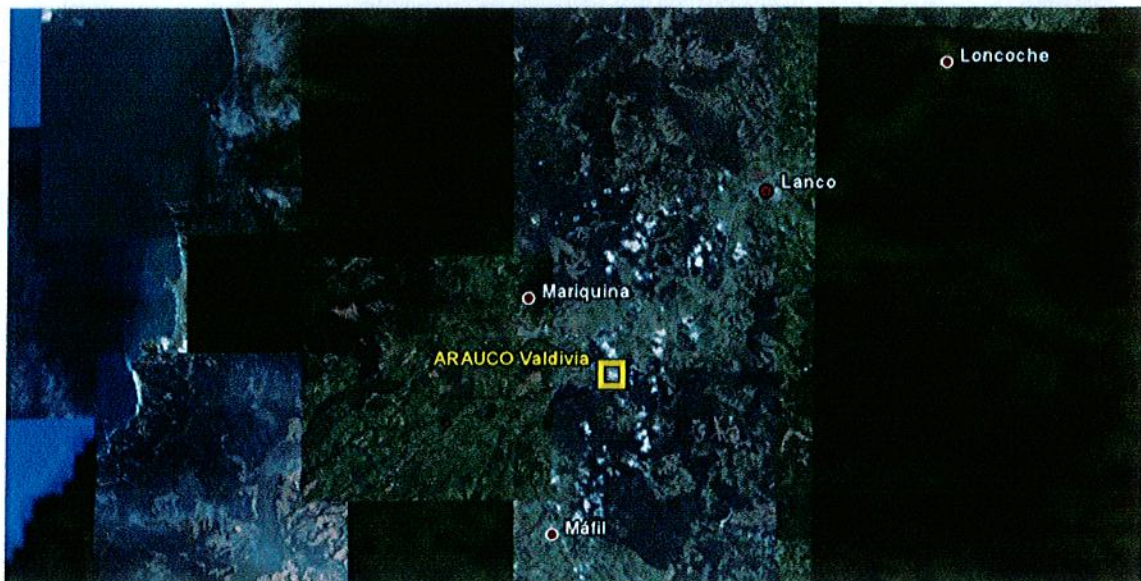
Localidad	Distancia / Sentido	Habitantes
Mariquina	6 km / Noroeste	18.220
Máfil	11 km / Sur	7.180
Lanco	16 km / Noreste	20.100
Loncoche	31 km / Noreste	20.030

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras se muestra una foto satelital de la planta, indicando con un cuadrado amarillo la ubicación de la planta, desde donde se elaboró la rosa de vientos para el año 2010.

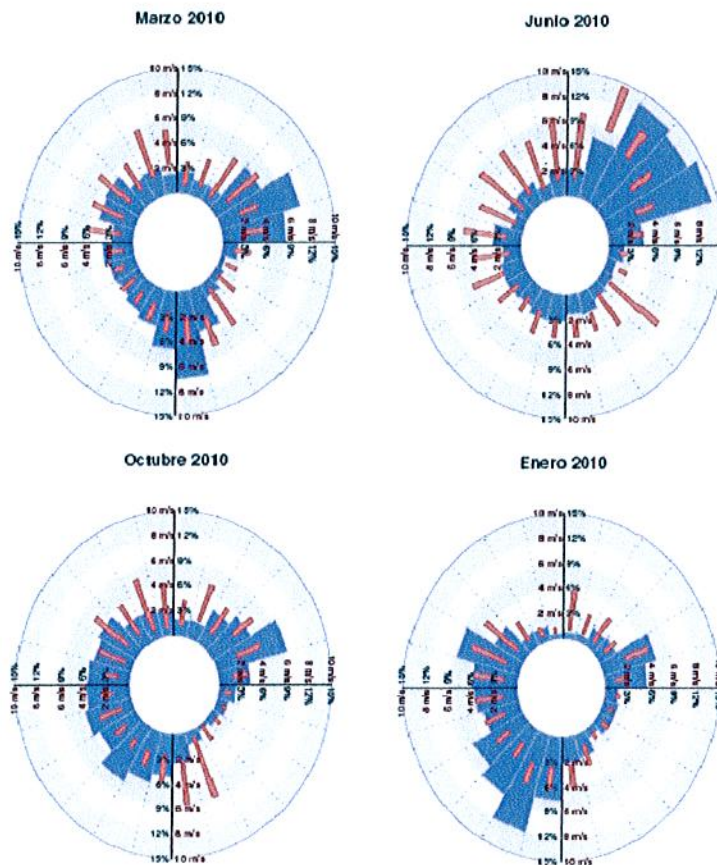
Para esta planta se observa que en el mes de marzo los vientos provienen principalmente desde el Este y Sur, en el mes de junio desde el Noreste, en el mes de octubre y enero no destaca alguna dirección sobre las otras.

Figura 10-16. Ubicación de la Planta Valdivia



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-17. Rosa de vientos en Planta Valdivia



Fuente: Explorador de Energía Eólica, Departamento de Geofísica de la U. de Chile y Ministerio de Energía