

1. ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes

CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A. solicitó a SERPRAM S.A. efectuar mediciones de calidad de aire y de parámetros meteorológicos en dos sectores poblados de Carampangue y Laraquete, Arauco VIII Región, con la finalidad de cumplir con la Resolución Exenta N° 170/06, del 1 de junio de 2006, que calificó favorablemente el proyecto “Operación de la Turbina TG 24 MW con Petróleo Diesel como Combustible Alternativo” y N°125 del 10 de abril de 2008, que Califica Ambientalmente Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Planta de Cogeneración de Energía Eléctrica y Vapor con Biomasa en CFI Horcones”, a fin de que los monitoreos sean representativos de la calidad de aire de los sectores de Laraquete y Carampangue. De esta forma, a partir del 06 de mayo de 2008 comienzan a operar la nueva estación meteorológica CARAMPANGUE y desde el 20 de junio de 2008, LARAQUETE.

El programa de monitoreo consiste en realizar mediciones de calidad de aire y de parámetros meteorológicos en forma continua por un período no inferior a tres años.

Los parámetros medidos son:

- Velocidad y dirección de viento
- Material particulado respirable, PM10
- Dióxido de azufre, SO₂
- Óxidos de nitrógeno, NO_x
- Ozono, O₃

El presente documento corresponde al informe N° 3 del año 2013, el que contiene la información recolectada entre el 01 y el 31 de marzo, la metodología usada y un análisis de los datos del período de monitoreo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013.

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología para asegurar la calidad de los datos.

La metodología utilizada se presentó en detalle en el Informe N° 1 entregado en el mes de julio de 2008.

Los tópicos más importantes que se describieron acerca de la metodología fueron:

- Criterios de selección de lugares e instalación de equipos
- Procedimientos de calibración para los equipos utilizados en la medición
- Programa de operación, control y mantenimiento
- Procedimientos para el procesamiento de datos
- Procedimiento para el manejo de muestras de partículas

2.2 Estaciones de Monitoreo y Equipos de Medición Utilizados

A continuación se presenta un detalle de los equipos que se instalaron para realizar el monitoreo de parámetros meteorológicos y de calidad de aire en las localidades de Carampangue y Laraquete, VIII Región.

ESTACIÓN CARAMPANGUE

Lugar: Los Boldos 05, Villa la Paz

Mediciones meteorológicas: Velocidad y dirección del viento; desviación estándar de la dirección del viento.

Mediciones de calidad del aire: SO₂, NO, NO₂, O₃ y PM₁₀.

Esta estación está ubicada en un terreno agrícola cercano a Villa La Paz. Al Norte, a una distancia aproximadamente a 7.6 Km se encuentran las chimeneas de Celulosa Arauco. Al Sur, aproximadamente a 100 m, se ubica la Villa La Paz. Al Este, se observan árboles de altura mediana que no impiden la libre circulación del viento. Finalmente al Oeste, a unos 800 m se encuentra la ruta 160.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según WGS 84:

58 74 811 N
6 55 582 E

En el siguiente cuadro se describen los equipos instalados.

PARÁMETRO	EQUIPO	Nº SERIE	PRINCIPIO OPERACIÓN
Monitoreo de vientos	R.M. Young	68187	Generación de pulso/ potenciómetro
Dióxido de azufre	Teledyne 102 E	1062	Fluorescencia UV
Óxidos de Nitrógeno	Thermo 42i	824231673	Luminiscencia Química
Ozono	Teledyne T265	62	Espectrofotometría UV
PM10	Beta Thermo	E1708	Atenuación Beta
Sistema de adquisición de Datos	Campbell CR1000	5273	Datalogger
Sistema de Aire Acondicionado	Anwo	D201453080412 531150172	Aire caliente o frío

ESTACIÓN LARAQUETE

Lugar: Los Llanos, Lote 52.

Mediciones meteorológicas: Velocidad y dirección del viento; desviación estándar de la dirección del viento.

Mediciones de calidad del aire: SO₂, NO, NO₂, O₃ y PM10.

Esta estación está ubicada en un terreno agrícola, aproximadamente a 200 m de distancia de la Ruta 160. Al Norte, a una distancia de aproximadamente 400 m, se encuentra la Población Los Pinos. Al Sur, se observan bosques de pino y eucaliptos, los que no interrumpen el libre flujo de viento. Al Este, se observan algunas casas y al Oeste, está la ruta 160 y un bosque de pino.

Las coordenadas geográficas (UTM) son según WGS 84:

58 83 140 N
6 60 205 E

En el siguiente cuadro se describen los equipos instalados.

PARÁMETRO	EQUIPO	Nº SERIE	PRINCIPIO OPERACIÓN
Monitoreo de vientos	R.M. Young	86094	Generación de pulso/ potenciómetro
Dióxido de azufre	Teledyne 102 E	1056	Fluorescencia UV
Óxidos de Nitrógeno	Teledyne 200 E	1379	Luminiscencia Química
Ozono	Teledyne T265	63	Espectrofotometría UV
PM10	Beta Thermo	E1710	Atenuación Beta
Sistema de adquisición de Datos	Campbell CR1000	7236	Datalogger
Sistema de Aire Acondicionado	Midea	108KA00244	Aire caliente o frío

3. RESULTADOS

Las Tablas 3.1 y 3.2 presentan un resumen de los datos disponibles con el porcentaje de recuperación del período de muestreo, para las estaciones de monitoreo de calidad de aire y de parámetros meteorológicos de Carampangue y Laraquete, respectivamente.

Los parámetros medidos están identificados por la siguiente nomenclatura:

VV	Velocidad del viento
DD	Dirección del viento
PM10	Partículas respirables
SO ₂	Dióxido de Azufre
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
NO	Oxido Nítrico
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
O ₃	Ozono

TABLA 3.1

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS EN MONITOREO DE PARÁMETROS
METEOROLÓGICOS Y DE CALIDAD DEL AIRE
ESTACIÓN CARAMPANGUE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

PARÁMETRO	N° DE DATOS HORARIOS VÁLIDOS			PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN		
	ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR
VV	744	672	744	100	100	100
DD	741	672	743	99.6	100	99.9
ST	744	672	744	100	100	100
SO ₂	727	661	738	97.7	98.4	99.2
NO _x	731	664	736	98.3	98.8	98.9
O ₃	733	665	734	98.5	99.0	98.7
PM10	732	672	744	98.4	100	100

TABLA 3.2

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS EN MONITOREO DE PARÁMETROS
METEOROLÓGICOS Y DE CALIDAD DEL AIRE
ESTACIÓN LARAQUETE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

PARÁMETRO	N° DE DATOS HORARIOS VÁLIDOS			PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN		
	ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR
VV	744	672	744	100	100	100
DD	741	671	743	99.6	99.9	99.9
ST	744	672	744	100	100	100
SO ₂	738	640	735	99.2	95.2	98.8
NO _x	738	639	735	99.2	95.1	98.8
O ₃	734	640	731	98.7	95.2	98.3
PM10	744	644	743	100	95.8	99.9

Comentarios sobre la recuperación mensual de datos

Enero 2013

El porcentaje de recuperación de los datos meteorológicos fue de 100 %, excepto para la dirección del viento que fue de 99.6 %, ya que para cada estación, el 0.4 % restante, corresponde a períodos de calma total, es decir vientos con velocidad igual a 0.0 m/s.

La recuperación de datos de muestreo de PM10 en Carampangue fue de 98.4 % y en Laraquete fue de 100 %.

En cuanto al monitoreo de gases en las estaciones, la recolección de la información en Carampangue fue superior al 97.7 %. En cambio, en estación Laraquete, la recuperación de información fue superior al 98.7 %.

La pérdida de información que presentan los monitores que miden gases, se debe principalmente, a los chequeos de cero, span y mantenciones preventivas, lo que corresponde a pérdidas entre 1 y 5 horas. Además, en estación Carampangue se registran cortes de energía los días 5 y 7 de enero.

Febrero 2013

El porcentaje de recuperación de los datos meteorológicos fue de 100 %, excepto para la dirección del viento en estación de Laraquete que fue de 99.9 %, ya que el 0.1 % restante, corresponde a períodos de calma total, es decir vientos con velocidad igual a 0.0 m/s.

La recuperación de datos de muestreo de PM10 en Carampangue fue de 100 % y en Laraquete fue de 95.8 %.

En cuanto al monitoreo de gases en las estaciones, la recolección de la información en Carampangue fue superior al 98.4 %. En cambio, en estación Laraquete, la recuperación de información fue superior al 95.1 %.

La pérdida de información que presentan los monitores que miden gases, se debe principalmente, a los chequeos de cero, span y mantenciones preventivas, lo que corresponde a pérdidas entre 1 y 5 horas. Además, en estación Laraquete se registran cortes de energía los días 1, 3, 4 y 12 de febrero.

Marzo 2013

El porcentaje de recuperación de los datos meteorológicos fue de 100 %, excepto para la dirección del viento que fue de 99.9 %, ya que el 0.1 % restante, corresponde a períodos de calma total, es decir vientos con velocidad igual a 0.0 m/s.

La recuperación de datos de muestreo de PM10 en Carampangue fue de 100 %, y en estación Laraquete fue de 99.9 %.

En cuanto al monitoreo de gases en las estaciones, la recolección de la información en Carampangue fue superior al 98.7 %. En cambio, en estación Laraquete, la recuperación de información fue superior al 98.3 %.

La pérdida de información que presentan los monitores que miden gases, se debe principalmente, a los chequeos de cero, span y mantenciones preventivas, lo que corresponde a pérdidas entre 1 y 5 horas. Además, en estación Laraquete se registra un corte de energía el día 17 de febrero.

3.1 Meteorología

Las variables registradas fueron velocidad, dirección del viento y desviación estándar de la dirección del viento. La información se registró en medio magnético. El procesamiento fue realizado sobre valores promedio horarios.

Las Tablas 3.3 y 3.4, presentan un resumen de los valores medios del período, para estaciones Carampangue y Laraquete, respectivamente. El porcentaje de calma, corresponde al tiempo en que la velocidad del viento es inferior a 0.5 m/s.

En Anexo 1 se presenta, para cada una de las variables, los valores horarios, los resultados estadísticos para cada día y cada hora del período de mediciones, las figuras correspondientes a las series de tiempo del período de mediciones, ciclos diarios típicos y rosas de direcciones de viento.

TABLA 3.3**VALORES DE VARIABLES METEOROLÓGICAS
ESTACIÓN CARAMPANGUE****PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013**

VARIABLE	VALOR		
	ENE	FEB	MAR
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)			
Promedio período	2.1	2.3	2.3
Valor máximo	7.2	6.8	6.5
Valor mínimo	0.0	0.2	0.2
Porcentaje de calma	7.7	6.5	2.8
DIRECCIÓN DEL VIENTO			
Dirección predominante DIURNO	SSW, SW, WNW, NW, NNW	SSW, SW, WSW, NW, NNW, N	SSW, SW, NW, NNW
Dirección predominante NOCTURNO	SSE, S, SSW, SW	SE, SSE, S, SSW	SE, SSE, S
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DIRECCIÓN (°)			
Promedio período	18	19	17
Valor máximo	47	52	48
Valor mínimo	1	2	4

TABLA 3.4

**VALORES DE VARIABLES METEOROLÓGICAS
ESTACIÓN LARAQUETE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

VARIABLE	VALOR		
	ENE	FEB	MAR
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)			
Promedio período	2.2	2.5	2.1
Valor máximo	9.0	9.1	7.9
Valor mínimo	0.2	0.2	0.2
Porcentaje de calma	4.7	3.9	5.9
DIRECCIÓN DEL VIENTO			
Dirección predominante DIURNO	SSW, WNW, NW, NNW	SSW, WNW, NW, NNW, N	SSW, WNW, NW, NNW
Dirección predominante NOCTURNO	ESE, SE, SSE, S	ESE, SE, SSE, S, N	E, ESE, SE, SSE
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DIRECCIÓN (°)			
Promedio período	13	14	13
Valor máximo	41	46	44
Valor mínimo	1	3	0

3.2 Mediciones de Material Particulado

Las Tablas 3.5 y 3.6, presentan los resultados de las mediciones realizadas de partículas respirables PM10, en estaciones Carampangue y Laraquete para el período 01 de enero al 31 de marzo de 2013.

Cabe hacer notar que, en Carampangue y Laraquete, el monitoreo de material particulado es continuo y se realiza con un atenuador beta.

En Anexo 2 se presenta un detalle de cada uno de los parámetros tomados en terreno que permitieron determinar la concentración de material particulado.

TABLA 3.5**RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES
ESTACIÓN CARAMPANGUE****PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013****Concentración expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$**

DÍA	ENE	FEB	MAR
1	36	67	32
2	54	67	32
3	35	65	41
4	42	69	23
5	45	63	39
6	36	86	59
7	20	79	47
8	37	92	48
9	42	50	42
10	77	16	31
11	51	29	50
12	56	44	55
13	78	34	36
14	84	51	39
15	58	32	82
16	67	28	79
17	75	20	69
18	78	32	33
19	62	31	47
20	34	40	37
21	47	40	22
22	2.e	41	29
23	82	44	26
24	63	25	36
25	49	35	85
26	54	35	43
27	49	40	44
28	55	39	75
29	58	-	31
30	52	-	37
31	54	-	61
PROMEDIO	54	46	45
PROMEDIO PERÍODO	49		
VALOR MÁXIMO	92		
VALOR MÍNIMO	16		

Código de ausencia de datos según Decreto Supremo N° 61.

TABLA 3.6

**RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS RESPIRABLES
ESTACIÓN LARAQUETE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

Concentración expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$

DÍA	ENE	FEB	MAR
1	27	49	31
2	39	61	92
3	38	2.a	56
4	42	2.a	74
5	58	53	34
6	19	42	40
7	92	46	38
8	97	33	46
9	129	47	26
10	52	21	21
11	197	20	75
12	38	29	86
13	42	29	60
14	40	39	58
15	29	19	62
16	41	22	56
17	43	35	98
18	40	71	74
19	31	46	46
20	16	37	26
21	18	52	45
22	28	43	46
23	153	23	44
24	93	70	26
25	91	90	29
26	45	72	56
27	33	74	124
28	47	51	70
29	86	-	26
30	49	-	35
31	50	-	32
PROMEDIO	58	45	53
PROMEDIO PERÍODO	52		
VALOR MÁXIMO	197		
VALOR MÍNIMO	16		

Código de ausencia de datos según Decreto Supremo N° 61.

3.3 Mediciones de Contaminantes Gaseosos

Las Tablas 3.7 y 3.8, presentan un resumen de los resultados de las mediciones de contaminantes gaseosos, obtenidos en las estaciones Carampangue y Laraquete, respectivamente.

En Anexo 3, para cada equipo de monitoreo instalado se presentan las calibraciones de cero y span realizadas durante el transcurso de las mediciones.

Por último, en Anexo 4, para cada contaminante se presentan los valores horarios, valores medios diarios y valores máximos y mínimos. Además se incluye una gráfica de los ciclos promedios horarios y de los valores medios diarios.

TABLA 3.7

**RESUMEN DE RESULTADOS
MEDICIONES DE CONTAMINANTES GASEOSOS
ESTACIÓN CARAMPANGUE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

CONTAMINANTE	UNIDAD	VALOR MEDIO PERÍODO			VALORES MÁXIMOS						LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
		ENE	FEB	MAR	DÍA			HORA			DÍA	HORA
					ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR		
DIÓXIDO DE AZUFRE	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	2	2	2	7	5	7	34	29	35	250	700 (*)
ÓXIDOS DE NITRÓGENO	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	6	6	7	14	17	14	66	59	55	-	-
ÓXIDO NÍTRICO	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3	3	3	7	6	7	44	34	36	-	-
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	4	4	4	10	11	10	30	25	30	-	400
OZONO	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	14	14	16	45 (+)	50 (+)	76 (+)	71	97	108	120 (+)	-

(+) *Concentración media máxima intervalo de 8 horas.*

(*) *Norma secundaria Decreto 22 del Ministerio de Minería.*

TABLA 3.8

**RESUMEN DE RESULTADOS
MEDICIONES DE CONTAMINANTES GASEOSOS
ESTACIÓN LARAQUETE**

PERÍODO 01 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2013

CONTAMINANTE	UNIDAD	VALOR MEDIO PERÍODO			VALORES MÁXIMOS						LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
		ENE	FEB	MAR	DÍA			HORA			DÍA	HORA
					ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR		
DIÓXIDO DE AZUFRE	µg/m ³ N	3	4	3	11	11	5	45	74	33	250	700 (*)
ÓXIDOS DE NITRÓGENO	µg/m ³ N	8	11	11	18	20	18	67	118	125	-	-
ÓXIDO NÍTRICO	µg/m ³ N	4	7	6	10	12	12	49	101	101	-	-
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	µg/m ³ N	4	4	5	12	11	11	28	27	29	-	400
OZONO	µg/m ³ N	16	14	16	50 (+)	43 (+)	75 (+)	80	63	106	120 (+)	-

(+) *Concentración media máxima intervalo de 8 horas.*

(*) *Norma secundaria Decreto 22 del Ministerio de Minería.*

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Variables meteorológicas

Antes de realizar el análisis de la información es conveniente aclarar qué diferencia hay entre valor medio horario y valor horario. Valor medio horario es el promedio de todos los valores horarios de una misma hora para un mes de registro de datos, por ejemplo, el valor medio horario de la hora 1 es el promedio de todas las horas 1 del mes desde el día 1 al 30. En cambio, el valor horario corresponde al valor promedio de los valores tomados directamente por el datalogger de cualquier hora del mes. El datalogger toma valores puntuales cada 1 segundo y los almacena como promedios de 5 minutos.

También, es importante definir lo que significa régimen de vientos diurno y nocturno. Los regímenes de viento a escala local se generan debido al calentamiento y enfriamiento de la tierra y a escala regional a causa del paso de sistemas frontales. El régimen diurno aparece con el calentamiento paulatino de la tierra, en épocas de verano comienza por lo general entre las 08 y 09 horas y en invierno entre las 11 y 13 h. El régimen nocturno se genera por el enfriamiento paulatino de la tierra, en épocas de verano comienza entre las 01 y 02 h y en invierno entre las 18 y 20 horas.

4.1.1 VELOCIDAD DEL VIENTO

A. ESTACIÓN CARAMPANGUE

En la Tabla 3.3 se presenta un resumen de los valores medios mensuales registrados en la estación Carampangue.

En el período del 01 al 31 de enero de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.1 m/s. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 1.4 y 2.1 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 08 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.7 y 3.2 m/s. El valor horario máximo fue de 7.2 m/s y se produjo a las 16 h del día 9. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.0 a 7.2 m/s. Se observa un ciclo diario con velocidades superiores entre las 12 y 19 h. El 7.7 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

En el período del 01 al 28 de febrero de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.3 m/s, superior en 0.2 m/s a la registrada el mes anterior. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 08 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 1.4 y 2.3 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 09 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.8 y 3.8 m/s. El valor horario máximo fue de 6.8 m/s y se produjo a las 15 h del día 17. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.2 a 6.8 m/s. Se observa un ciclo diario con velocidades superiores entre las 11 y 19 h. El 6.5 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

En el período del 01 al 31 de marzo de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.3 m/s, igual a la registrada el mes anterior. Durante el período nocturno, comprendido entre las 21 y 08 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 1.4 y 2.2 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 09 y 20 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 2.0 y 3.5 m/s. El valor horario máximo fue de 6.5 m/s y se produjo a las 16 h del día 27. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.2 a 6.5 m/s. Se observa un ciclo diario con velocidades superiores entre las 11 y 20 h. El 2.8 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

B. ESTACIÓN LARAQUETE

En la Tabla 3.4, se presenta un resumen de los valores medios mensuales registrados en la estación Laraquete.

En el período 01 al 31 de enero de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.2 m/s, superior en 0.1 m/s a la obtenida en Carampangue en igual período. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 08 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 0.9 y 2.2 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 09 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.9 y 4.2 m/s. El valor horario máximo fue de 9.0 m/s y se produjo a las 17 h del día 9. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.2 a 9.0 m/s. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 10 y 19 h. El 4.7 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.5 m/s, superior en 0.3 m/s a la registrada el mes anterior y superior en 0.2 m/s a la obtenida en Carampangue en igual período. Durante el período nocturno, comprendido entre las 20 y 06 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 1.2 y 2.8 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 07 y 19 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.3 y 4.6 m/s. El valor horario máximo fue de 9.1 m/s y se produjo a las 16 h del día 17. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.2 a 9.1 m/s. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 10 y 20 h. El 3.9 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013 la velocidad media del viento fue de 2.1 m/s, inferior en 0.4 m/s a la registrada el mes anterior y en 0.2 m/s a la obtenida en Carampangue en igual período. Durante el período nocturno, comprendido entre las 19 y 08 h del día siguiente, las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 0.9 y 2.7 m/s. En cambio durante el período diurno, comprendido entre las 09 y 18 h, los valores medios son superiores a los del período nocturno y estuvieron comprendidos entre 1.7 y 4.1 m/s. El valor horario máximo fue de 7.9 m/s y se produjo a las 15 y 16 h del día 11. Los valores medios horarios estuvieron en el rango de 0.2 a 7.9 m/s. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 10 y 19 h. El

5.9 % de los valores medios horarios es inferior a 0.5 m/s, o sea pertenecen a un período de calma y se produjeron por lo general durante el período nocturno.

4.1.2 DIRECCIÓN DEL VIENTO

A. ESTACIÓN CARAMPANGUE

En el período 01 al 31 de enero de 2013, existen días en que durante las 24 horas predominan vientos del SSW y SW. También, durante el período diurno comprendido entre las 08 y 19 h se presentan direcciones del WNW, NW y NNW; y durante el período nocturno comprendido entre las 20 y 07 h del día siguiente, se observan direcciones del SSE y S. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 07 y 10 h; y la del período diurno al nocturno entre las 18 y 20 h.

En la Figura 4.1.1 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 31 de enero de 2013.

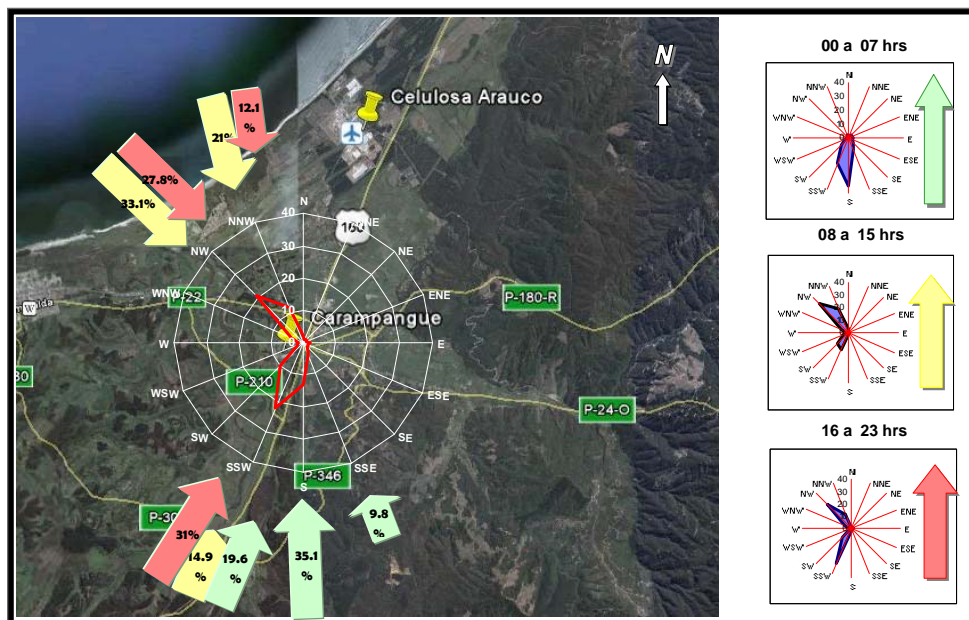


FIGURA 4.1.1: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN CARAMPANGUE, ENERO DE 2013

De la Figura 4.1.1, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del SSE, S y SSW; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del NW, NNW y algunos días del SSW; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan algunos días direcciones del NW, NNW y otros días del SSW.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, existen días en que durante las 24 horas predominan vientos del SSW. También, durante el período diurno comprendido entre las 09 y 19 h se presentan direcciones del SW, WSW y otros días del NW, NNW y N; y durante el período nocturno comprendido entre las 20 y 08 h del día siguiente, se observan direcciones del SE, SSE y S. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 07 y 10 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 y 21 h.

En la Figura 4.1.2 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 28 de febrero de 2013.

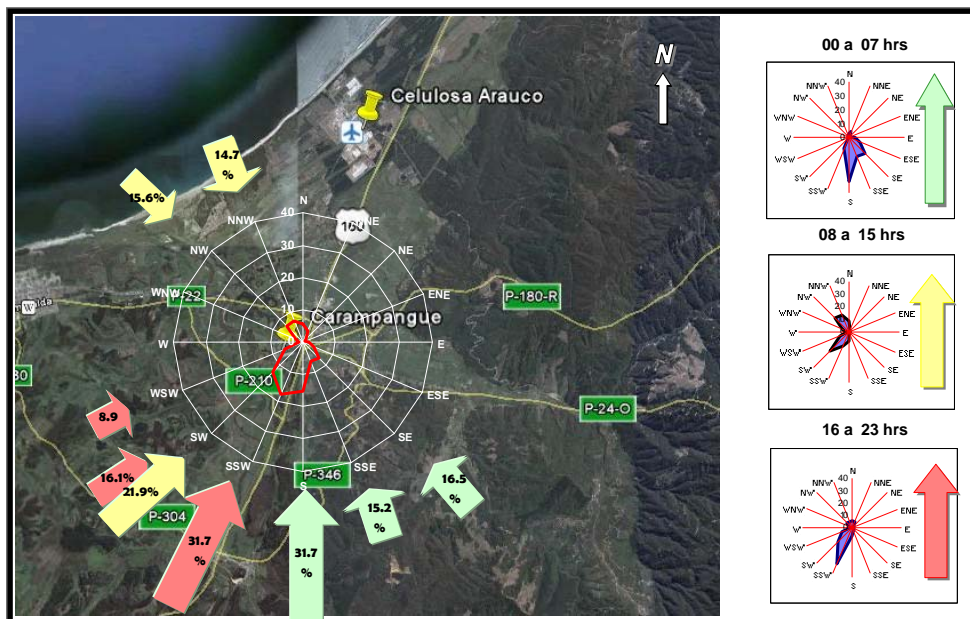


FIGURA 4.1.2: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN CARAMPANGUE, FEBRERO DE 2013

De la Figura 4.1.2, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del SE, SSE y S; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del NW, NNW y algunos días del SW; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan algunos días direcciones del SSW, SW y WSW.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, la dirección del viento durante el período diurno comprendido entre las 09 y 20 h, presenta componentes del SSW, SW y otros días del NW y NNW; y durante el período nocturno comprendido entre las 21 y 08 h del día siguiente, se observan direcciones del SE, SSE y S. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 08 y 10 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 y 21 h.

En la Figura 4.1.3 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2013.

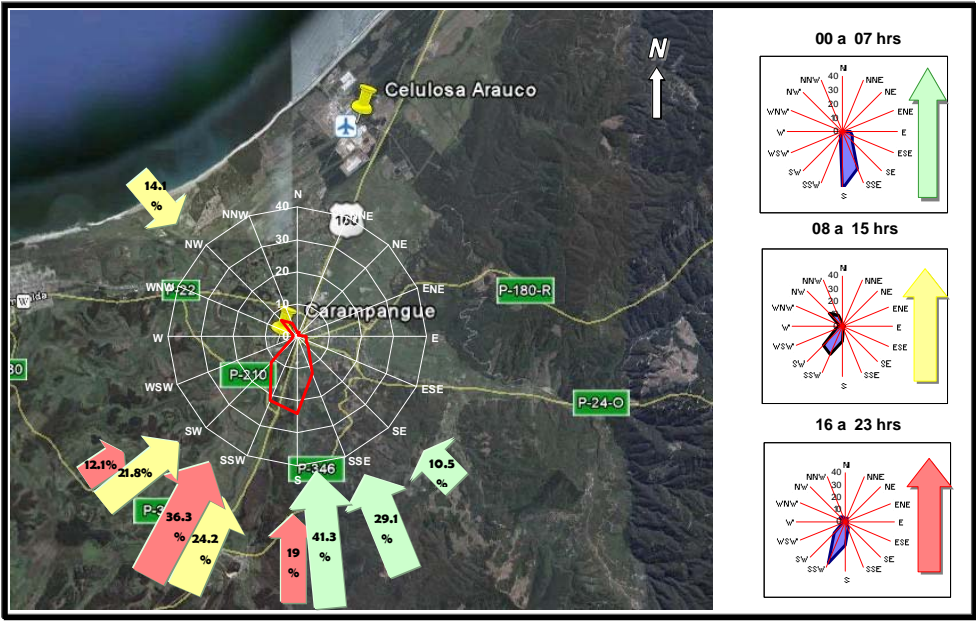


FIGURA 4.1.3: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN CARAMPANGUE, MARZO DE 2013

De la Figura 4.1.3, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del SE, SSE y S; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del SSW, SW y algunos días del NW; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan algunos días direcciones del S, SSW y SW.

B. ESTACIÓN LARAQUETE

En el período 01 al 31 de enero de 2013, la dirección del viento durante el período diurno comprendido entre las 09 y 19 h, la dirección del viento fue principalmente del WNW, NW, NNW y otros días del SSW; y durante el período nocturno comprendido entre las 20 y 08 h del día siguiente, predominan vientos del ESE, SE, SSE y S. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 08 y 10 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 y 21 h.

En la Figura 4.2.1 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 31 de enero de 2013.

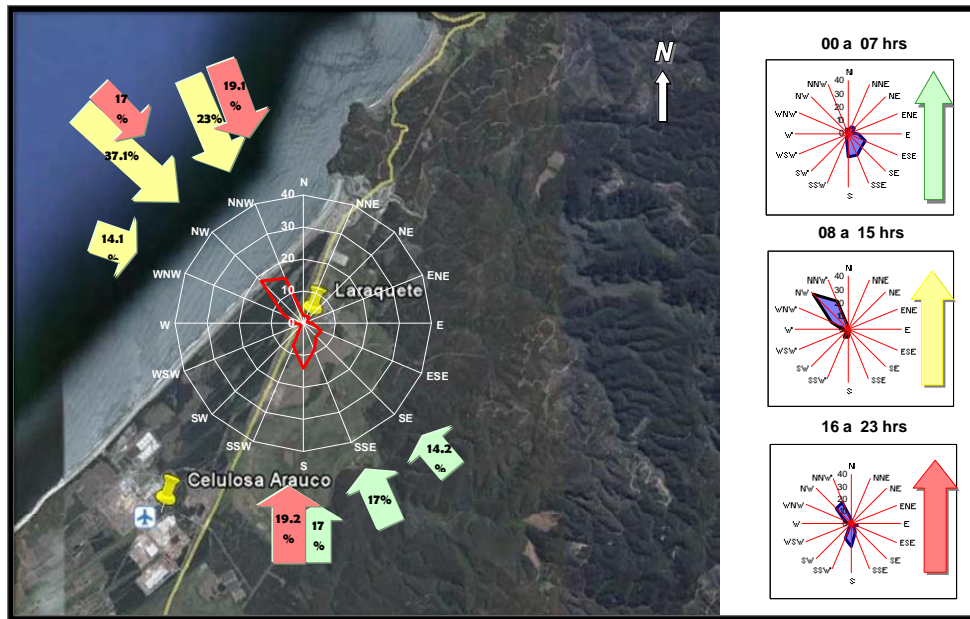


FIGURA 4.2.1: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN LARAQUETE, ENERO DE 2013

De la Figura 4.2.1, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del SE, SSE y S; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del WNW, NW y NNW; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan vientos del NW, NNW y otros días del S.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, existen días en que durante las 24 horas predominan vientos del N. También, durante el período diurno comprendido entre las 07 y 19 h, la dirección del viento fue principalmente del SSW y otros días del WNW, NW y NNW; y durante el período nocturno comprendido entre las 20 y 06 h del día siguiente, predominan vientos del ESE, SE, SSE y S. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 06 y 09 h; y la del período diurno al nocturno entre las 19 y 21 h.

En la Figura 4.2.2 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 28 de febrero de 2013.

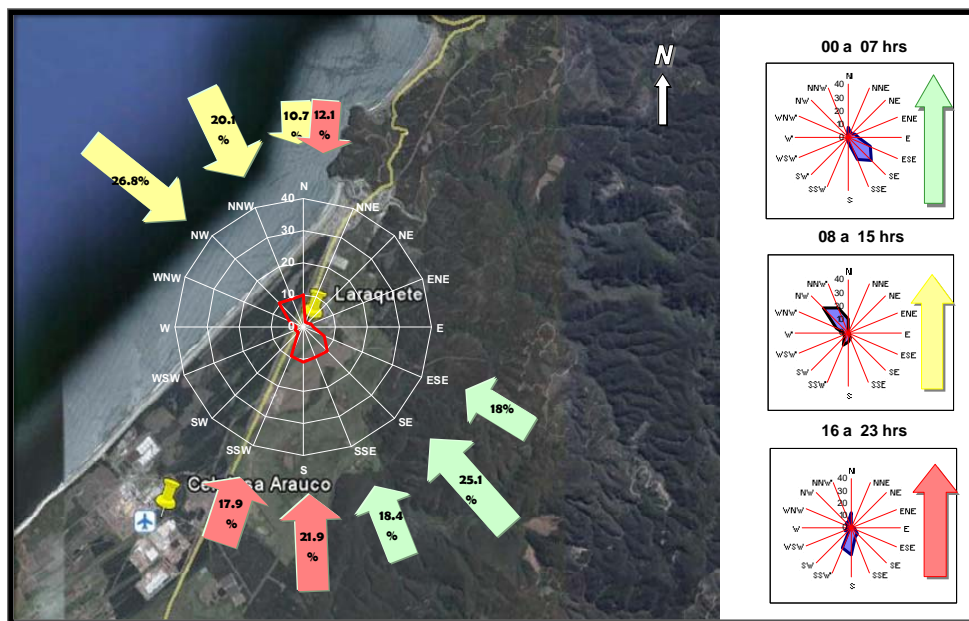


FIGURA 4.2.2: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN LARAQUETE, FEBRERO DE 2013

De la Figura 4.2.2, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del ESE, SE y SSE; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del NW, NNW y N; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan vientos del S, SSW y otros días del N.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, la dirección del viento durante el período diurno comprendido entre las 09 y 18 h, fue principalmente del SSW y otros días del WNW, NW y NNW; y durante el período nocturno comprendido entre las 19 y 08 h del día siguiente, predominan vientos del E, ESE, SE, SSE. La transición del período nocturno al diurno ocurre entre las 08 y 10 h; y la del período diurno al nocturno entre las 18 y 20 h.

En la Figura 4.2.3 se muestra la rosa de los vientos correspondiente al período comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2013.

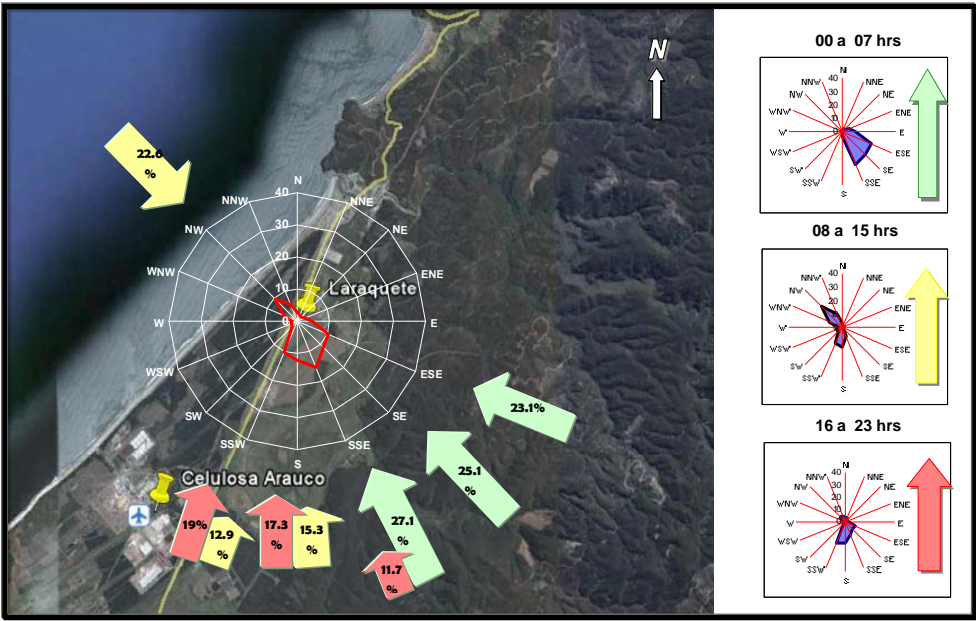


FIGURA 4.2.3: ROSA DE VIENTO ESTACIÓN LARAQUETE, MARZO DE 2013

De la Figura 4.2.3, se observa que durante las 00 y 07 h las direcciones predominantes son del ESE, SE y SSE; durante el período comprendido entre las 08 y 15 h, los vientos son principalmente del NW y otros días del S y SSW; finalmente, entre las 16 y 23 h predominan vientos del SSE, S y SSW.

4.1.3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO

La desviación estándar del viento (sigma-theta) es un parámetro que sirve para determinar la turbulencia atmosférica.

A. ESTACIÓN CARAMPANGUE

En el período 01 al 31 de enero de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 12 y 27 grados. Se observan valores levemente superiores de la desviación estándar, entre las 07 y 18 h.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 14 y 26 grados. Se observan valores levemente superiores de la desviación estándar, entre las 08 y 17 h.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 14 y 25 grados. Se observan valores levemente superiores de la desviación estándar, entre las 09 y 18 h.

B. ESTACIÓN LARAQUETE

En el período 01 al 31 de enero de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 8 y 21 grados. Se observa un ciclo de la desviación estándar con valores superiores entre las 07 y 17 h.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 10 y 22 grados. Se observa un ciclo de la desviación estándar con valores superiores entre las 08 y 17 h.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, los valores medios horarios promedio mensual, estuvieron comprendidos entre 9 y 20 grados. Se observa un ciclo de la desviación estándar con valores superiores entre las 08 y 16 h.

4.2 Material particulado respirable (PM10)

El Decreto N°59, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, de fecha 16 de marzo de 1998, establece la norma de calidad primaria para material particulado respirable PM10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia.

La norma de calidad para PM10 fue fijada en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ como concentración media aritmética diaria, la cual no debe sobrepasar el percentil 98 de los valores promedios de 24 horas, durante el período anual de cada estación monitorea, clasificada para la evaluación de exposición humana. Asimismo, si antes que concluya el período anual de mediciones y se registra en alguna de las estaciones, clasificada para la evaluación de exposición humana, un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete, esta información podrá ser usada como antecedente para la declaración de una zona, como saturada.

Por otra parte, en el artículo 1º, letra f) define una estación de monitoreo de PM10 con representatividad poblacional (EMRP) a aquella que cumple simultáneamente los siguientes criterios:

- Que exista al menos un área edificada habitada en un círculo de radio 2 km, contados de la estación.
- Que esté ubicada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida más cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.
- Que esté ubicada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo - 2 o superior) o de otras fuentes fijas similares.

Una EMRP tendrá un área de representatividad para la población expuesta consistente en un círculo de radio de 2 km, contados desde la ubicación de la estación.

Por otra parte, según John Seinfeld¹ un aire limpio tiene un rango de concentraciones de material particulado $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, las áreas urbanas tienen una concentración comprendida entre 60 a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en áreas altamente contaminadas se han reportado valores tan altos como $2.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Al comparar los resultados que se presentaron en las Tablas 3.5 y 3.6 con las normas de calidad, podemos inferir que, en el período de monitoreo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo, esta fue sobrepasada en dos ocasiones, en estación de Laraquete.

En estación Carampangue los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 16 y $92 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y la media aritmética fue de $49 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

En estación Laraquete los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 16 y $197 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y la media aritmética fue de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos:

A. ESTACIÓN CARAMPANGUE

En el período de monitoreo del 01 al 31 de enero de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 20 y $84 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre no detectable y $319 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 12 y 22 h.

En el período de monitoreo del 01 al 28 de febrero de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 16 y $92 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre 4 y $262 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las

¹ John H. Seinfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution", John Wiley & Sons. 1986.

14 y 22 h. Cabe mencionar que durante este mes de registran trabajos de pavimentación en camino vecinal.

En el período de monitoreo del 01 al 31 de marzo de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 22 y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre 3 y 720 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 11 y 22 h. Cabe mencionar que durante este mes de registran trabajos de pavimentación en camino vecinal.

B. ESTACIÓN LARAQUETE

En el período de monitoreo del 01 al 31 de enero de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 16 y 197 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, superando el valor límite para 24 horas, los días 11 y 23 de enero. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre 8 y 995 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 14 y 20 h.

En el período de monitoreo del 01 al 28 de febrero de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 19 y 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre 8 y 366 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observan dos ciclos diarios de valores superiores entre las 07 y 10 h y entre las 15 y 20 h.

En el período de monitoreo del 01 al 31 de marzo de 2013, los valores medios diarios estuvieron comprendidos entre 21 y 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, los valores horarios están comprendidos entre 7 y 681 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores superiores entre las 12 y 20 h.

4.3 Contaminantes Gaseosos

4.3.1 Dióxido de Azufre

La Secretaría General de la Presidencia de la República, en el Decreto Supremo N° 113, del 6 de marzo de 2003, aprobó la NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2), la que se complementa con la Resolución 1215 del Ministerio de Salud, a partir del 1 de abril de 2003, y en su Título II referente a los niveles de la norma dice:

TÍTULO II

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Dióxido de Azufre en Aire

Art.3.- La norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual será de 31 ppbv ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de

tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitora clasificada como EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones. Para evaluar si se sobrepasa la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, en el primer y segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, se reemplazará la concentración anual para los períodos faltantes por cero.

Art.4.- La norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas será de 96 ppbv ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año calendario, en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitora clasificada como EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones. Para evaluar si se sobrepasa la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, en el primer y segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, se reemplazará el percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para los períodos faltantes por cero.

Art.5.- Los siguientes niveles originarán situaciones de emergencia ambiental para dióxido de azufre, en concentración de una hora:

Nivel 1: 750 - 999 ppbv	($1.962 - 2.615 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 2: 1.000 - 1.499 ppbv	($2.616 - 3.923 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 3: 1.500 ppbv o superior	($3.924 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para dióxido de azufre podrán ser obtenidos mediante la aplicación de una metodología de pronóstico de calidad de aire aprobada por el Servicio de Salud respectivo, o por medio de la constatación de las concentraciones del contaminante a partir de alguna de las estaciones monitoras de calidad de aire clasificadas como EMRPG.

Una situación de emergencia ambiental se podrá omitir o dejar sin efecto si se detectare un cambio en las condiciones meteorológicas en forma posterior a la hora de comunicación del pronóstico o a la constatación de la superación de los niveles de calidad de aire, y siempre que dicho cambio asegure una mejoría tal en las condiciones de calidad de aire que invalide los resultados entregados por el pronóstico o que asegure la reducción de los niveles de concentración de calidad de aire por debajo de aquellos que definen situaciones de emergencia ambiental.

Art.6.- Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los valores que definen situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

Art.7.- Cuando el dióxido de azufre fuese precursor de otro contaminante normado, los planes de descontaminación o prevención que se establezcan para el control de este contaminante, podrán incluir medidas de reducción de emisiones del contaminante dióxido de azufre, independientemente del cumplimiento de las normas de calidad de aire que esta norma establece.

Según John H. Seinfeld², una tropósfera limpia contiene entre 1 y 10 ppb de SO₂ y un aire contaminado tiene entre 20 y 200 ppb.

Por otra parte, la Secretaría General de la Presidencia de la República, aprobó la NORMA DE CALIDAD SECUNDARIA DE AIRE PARA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂), la que modifica a la dada en el Decreto Supremo N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería, a partir del 1 de junio de 2010 y en su Título II referente a los niveles de la norma dice:

TÍTULO II

Nivel de Norma de Calidad Secundaria para Dióxido de Azufre en Aire

Art.3.- Para efectos de aplicación de la presente norma secundaria de calidad de aire, el país se divide en zona norte y zona sur. El límite entre ambas se fija desde la desembocadura del río Maipo.

Art. 4.- La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual en la zona norte del país será de 31 ppbv (80 µg/m³N). La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual en la zona sur del país será de 23 ppbv (60 µg/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN (Estación Monitorea con Representatividad de Recursos Naturales), fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en el primer inciso presente artículo.

Se considerará también sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, si en un año calendario, el valor de concentración en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel indicado en el primer inciso del presente artículo.

² John H. Seinfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution". John Wiley & Sons 1986.

Art. 5.- La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas en la zona norte del país será de 140 ppbv ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas en la zona sur del país será de 99 ppbv ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores del percentil 99.7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en el inciso del presente artículo.

Se considerará también sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en un año calendario, el percentil 99.7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel correspondiente indicado en el primer inciso del presente artículo.

Art. 6.- La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora en la zona norte del país será de 382 ppbv ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). La norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora en la zona sur del país será de 268 ppbv ($700 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores del percentil 99.73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN, fuere mayor o igual al nivel correspondiente indicado en el primer inciso del presente artículo.

Se considerará también sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, si en un año calendario, el percentil 99.73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitora clasificada como EMRRN fuere mayor o igual al doble del nivel correspondiente indicado en el primer inciso del presente artículo.

ESTACIÓN CARAMPANGUE

Con estos antecedentes al observar la Tabla 3.7 donde se presentan los resultados medios y máximos obtenidos en estación Carampangue, se puede inferir que en el período 01 de enero al 31 de marzo de 2013, los valores diarios medidos fluctúan entre no detectable y $7 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores promedios horarios, entre no detectable (valor $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores que no superan la norma de calidad de 24 horas y la secundaria de 1 hora, más aun están lejos de alcanzarla. Por otra parte, la media del fue de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar la norma primaria anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y la norma secundaria anual de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El valor máximo horario obtenido durante el período fue de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar el valor fijado en la norma secundaria de $700 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos:

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de enero de 2013, los valores horarios varían entre no detectable y $34 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios fluctúan entre 1 y $6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se registra un ciclo diario con valores superiores entre las 09 y 18 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 28 de febrero de 2013, los valores horarios varían entre no detectable y $29 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios fluctúan entre no detectable y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se registra un ciclo diario con valores superiores entre las 09 y 13 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2013, los valores horarios varían entre no detectable y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios fluctúan entre 1 y $7 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se registra un ciclo diario con valores superiores entre las 10 y 16 h.

ESTACIÓN LARAQUETE

Con estos antecedentes al observar la Tabla 3.8, donde se presentan los resultados medios y máximos obtenidos en estación Laraquete, se puede inferir que en el período 01 de enero al 31 de marzo de 2013, los valores medidos diarios fluctúan entre 1 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores promedio horarios, entre no detectable (valor $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) y $74 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores que no superan la norma de calidad de 24 horas y la secundaria de 1 hora, más aun están lejos de alcanzarla. Por otra parte, la media fue de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar la norma primaria anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y la norma secundaria anual de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El valor máximo horario obtenido durante el período fue de $74 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar el valor fijado en la norma secundaria de $700 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos:

Los valores horarios obtenidos en el período 01 al 31 de enero de 2013, varían entre no detectable y $45 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios lo hacen entre 1 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores levemente superiores entre las 08 y 12 h.

Los valores horarios obtenidos en el período 01 al 28 de febrero de 2013, varían entre no detectable y $74 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios lo hacen entre 1 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores levemente superiores entre las 08 y 12 h.

Los valores horarios obtenidos en el período 01 al 31 de marzo de 2013, varían entre no detectable y $33 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y los valores medios diarios lo hacen entre 1 y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El promedio para el período fue de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Se observa un ciclo diario con valores levemente superiores entre las 09 y 14 h.

4.3.2 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

La Secretaría General de la Presidencia de la República, en el Decreto Supremo N° 114, del 6 de marzo de 2003, aprobó la NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA DIÓXIDO DE NITROGENO (NO₂) a partir del 1 de abril de 2003, la que se complementa con la Resolución 1215 del Ministerio de Salud, y en su Título II referente a los niveles de la norma dice:

TÍTULO II

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Dióxido de Nitrógeno en Aire

Art.3.- La norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual será de 53 ppbv (100 µg/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPG, sea mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación clasificada como EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerará los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones. Para evaluar si se sobrepasa la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual, en el primer y segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, se reemplazará la concentración anual para los periodos faltantes por cero.

Art.4.-La norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora será de 213 ppbv (400 µg/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPG, sea mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitorea clasificada como EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios consecutivos de mediciones. Para evaluar si se sobrepasa la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, en el primer y segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, se reemplazará el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los periodos faltantes por cero.

Art.5.- Los siguientes niveles originarán situaciones de emergencia ambiental para dióxido de nitrógeno en concentración de una hora:

Nivel 1: 601-1201 ppbv	(1130 - 2259 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 2: 1202 - 1595 ppbv	(2260 - 2999 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 3: 1596 ppbv o superior	(3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para dióxido de nitrógeno podrán ser obtenidos mediante la aplicación de una metodología de pronóstico de calidad de aire aprobada por el Servicio de Salud respectivo, o por medio de la constatación de las concentraciones del contaminante a partir de alguna de las estaciones monitoras de calidad de aire clasificadas como EMRPG.

Una situación de emergencia ambiental se podrá omitir o dejar sin efecto si se detectare un cambio en las condiciones meteorológicas en forma posterior a la hora de comunicación del pronóstico o a la constatación de la superación de los niveles de calidad de aire, y siempre que dicho cambio asegure una mejoría tal en las condiciones de calidad de aire que invalide los resultados entregados por el pronóstico o que asegure la reducción de los niveles de concentración de calidad de aire por debajo de aquellos que definen situaciones de emergencia ambiental.

Art.6.- Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los niveles que definen situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

Art.7.- Cuando el dióxido de nitrógeno fuese precursor de otro contaminante normado, los planes de descontaminación o prevención que se establezcan para el control de este contaminante, podrán incluir medidas de reducción de emisiones del contaminante dióxido de nitrógeno, independientemente del cumplimiento de las normas de calidad de aire que esta norma establece.

Por otra parte, una troposfera limpia³ tiene entre 0,2 y 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 (0,1 y 0,5 ppb) y un aire contaminado tiene entre 100 y 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (53 y 266 ppb).

Para el NO, una atmósfera limpia tiene entre 0,02 y 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,01 y 0,05 ppb) y un aire contaminado tiene entre 100 y 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (53 y 800 ppb).

Según Finlayson-Pitts y Pitts (1986)⁴, las concentraciones típicas para los contaminantes criterios y no criterios, para distintos tipos de atmósferas, encontrados en el planeta presentan los siguientes rangos: para el NO en un lugar remoto las concentraciones medias son menores que 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppb), en una zona rural son de 0,06 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 a 20 ppb), en una zona moderadamente contaminada son de 25 a 1230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 a 1.000 ppb) y en un lugar contaminado son de 1230 a 2500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.000 a 2.000 ppb). Para el NO_2 en un lugar remoto las concentraciones medias son menores que 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppb), en una zona rural son de 2 a 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 a 20 ppb), en una zona

³ John H.Seinfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John Wiley & Sons. 1986.

⁴ Finlayson-Pitts B.J. y Pitts J. "Atmospheric Chemistry: Fundamentals And Experimental Techniques". John Wiley & Sons 1986.

moderadamente contaminada son de 38 a 380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 a 200 ppb) y en un lugar contaminado son de 380 a 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (200 a 500 ppb).

ESTACIÓN CARAMPANGUE

Si comparamos los valores obtenidos con las definiciones mencionadas anteriormente, podemos concluir que el valor medio de NO_2 , obtenido el período de medición comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013, fue de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar la norma anual de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otra parte, el valor horario máximo de NO_2 , en dicho período, fue de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar la norma horaria de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos.

En el período 01 al 31 de enero de 2013, los valores horarios de NO_2 medidos oscilan entre no detectable y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto corresponden a la definición de una atmósfera limpia (valor $<38 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores levemente superiores entre las 08 y 12 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto, la gran mayoría están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia, salvo doce horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y $<1230 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores superiores entre las 08 y 11 h.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, los valores horarios de NO_2 medidos oscilan entre no detectable y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto corresponden a la definición de una atmósfera limpia (valor $<38 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores levemente superiores entre las 07 y 09 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto, la gran mayoría están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia, salvo seis horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y $<1230 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores superiores entre las 05 y 09 h.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, los valores horarios de NO_2 medidos oscilan entre no detectable y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto corresponden a la definición de una atmósfera limpia (valor $<38 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores levemente superiores entre las 06 y 11 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto, la gran mayoría están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia, salvo dos horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y $<1230 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Se observan valores superiores entre las 05 y 10 h.

ESTACIÓN LARAQUETE

Si comparamos los valores obtenidos con las definiciones mencionadas anteriormente, podemos concluir que el valor medio de NO_2 , obtenido el período de medición comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013, fue de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual está lejos de alcanzar la norma anual de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, el valor horario máximo de NO_2 , en dicho período, fue de 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, el cual no alcanza la norma horaria de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos.

En el período 01 al 31 de enero de 2013, los valores horarios de NO₂ medidos oscilan entre no detectable y 28 µg/m³N, por lo tanto están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia (valor <38 µg/m³N). Se observan valores superiores entre las 05 y 11 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 49 µg/m³N, por lo tanto la gran mayoría está comprendido en el rango definido como atmósfera limpia, salvo veintiuna horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y <1230 µg/m³N). Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 04 y 11 h.

En el período 01 al 28 de febrero de 2013, los valores horarios de NO₂ medidos oscilan entre no detectable y 27 µg/m³N, por lo tanto están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia (valor <38 µg/m³N). Se observan valores superiores entre las 06 y 11 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 101 µg/m³N, por lo tanto la gran mayoría está comprendido en el rango definido como atmósfera limpia, salvo treinta y seis horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y <1230 µg/m³N). Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 05 y 10 h.

En el período 01 al 31 de marzo de 2013, los valores horarios de NO₂ medidos oscilan entre no detectable y 29 µg/m³N, por lo tanto están comprendidos en el rango definido como atmósfera limpia (valor <38 µg/m³N). Se observan valores superiores entre las 06 y 12 h y entre las 19 y 22 h.

Los valores horarios de NO estuvieron comprendidos entre no detectable y 101 µg/m³N, por lo tanto la gran mayoría está comprendido en el rango definido como atmósfera limpia, salvo treinta y siete horas que pertenecen a una zona moderadamente contaminada (valor >25 y <1230 µg/m³N). Se observa un ciclo diario de valores superiores entre las 06 y 10 h.

4.3.3 Ozono

La Secretaría General de la Presidencia de la República, en el Decreto Supremo N° 112, del 6 de marzo de 2003, aprobó la NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA OZONO (O₃), la que reemplaza a la Resolución 1215 del Ministerio de Salud, y en su Título II referente a los niveles de la norma dice:

TÍTULO II

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Ozono en Aire

Art.3.- La norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8-horas será de 61 ppbv. (120 µg/m³N)

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario,

en cualquier estación monitora clasificada como EMRPG, sea mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitora clasificada como EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones. Para evaluar si se sobrepasa la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, en el primer y segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, se reemplazará el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas para los períodos faltantes por cero.

Art.4.- Los siguientes niveles originarán situaciones de emergencia ambiental para ozono, en concentración de una hora.

Nivel 1: 204 - 407 ppbv	(400 - 799 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 2: 408 - 509 ppbv	(800 - 999 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Nivel 3: 510 ppbv o superior	(1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ o superior)

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para ozono podrán ser obtenidos mediante la aplicación de una metodología de pronóstico de calidad de aire aprobada por el Servicio de Salud respectivo, o por medio de la constatación de las concentraciones del contaminante a partir de alguna de las estaciones monitoras de calidad de aire clasificadas como EMRPG.

Una situación de emergencia ambiental se podrá omitir o dejar sin efecto si se detectare un cambio en las condiciones meteorológicas en forma posterior a la hora de comunicación del pronóstico o a la constatación de la superación de los niveles de calidad de aire, y siempre que dicho cambio asegure una mejoría tal en las condiciones de calidad de aire que invalide los resultados entregados por el pronóstico o que asegure la reducción de los niveles de concentración de calidad de aire por debajo de aquellos que definen situaciones de emergencia ambiental.

Art.5.- Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma y los niveles que definen situaciones de emergencia ambiental se utilizarán los valores de concentración expresados en ppbv.

ESTACIÓN CARAMPANGUE

En el período comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013, los valores móviles medios de ocho horas oscilan entre no detectable y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, no sobrepasando la norma de 8 horas de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, fijada en el D.S. N° 112.

A continuación se presenta un resumen de los niveles de concentración medidos:

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de enero de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado,

como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando valores máximos entre las 10 y 19 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 28 de febrero de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y $97 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado, como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando valores máximos entre las 10 y 20 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y $108 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado, como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando valores máximos entre las 10 y 20 h.

ESTACIÓN LARAQUETE

En el período comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013, los valores móviles medios de ocho horas oscilan entre 1 y $75 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, no sobrepasando la norma de 8 horas de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, fijada en el D.S. N° 112.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de enero de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado, como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando máximos entre las 10 y 19 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 28 de febrero de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y $63 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado, como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando máximos entre las 10 y 20 h.

En el período de monitoreo comprendido entre el 01 y el 31 de marzo de 2013, los valores horarios oscilan entre no detectable y $106 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Esta componente presenta un ciclo marcado, como lo muestra la gráfica de promedios horarios del Anexo 4, presentando máximos entre las 10 y 19 h.

5. CONCLUSIONES

De las mediciones efectuadas en el período de monitoreo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de marzo de 2013, se puede inferir que en los lugares de medición de contaminantes atmosféricos, CARAMPANGUE y LARAQUETE, no se superan los límites máximos permisibles fijados por la legislación chilena, en los Decretos Supremos 113 y 22 (SO₂), 114 (NO₂) y 112 (O₃).

Con respecto a al material particulado respirable, en estación Carampangue no se sobrepasa la norma para 24 horas en el período de monitoreo del 01 de enero al 31 de marzo de 2013. En cambio, en estación Laraquete se alcanzan valores altos los días 11 y 23 de enero, superando el valor límite fijado para la concentración diaria de 150 µg/m³N, lo que no implica que el percentil 98 de los promedios diarios de un año de mediciones se vaya a superar.