

PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA
INFORME TERCER TRIMESTRE AÑO 2008

DE : SERPRAM
A : COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA

SANTIAGO, OCTUBRE DE 2008

ÍNDICE

	<u>PAG</u>
I. CAPÍTULO I	
MONITOREO TERRESTRE TIERRA AMARILLA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Recurso Hídrico Subterráneo	2
1.3 Aguas de Recirculación	7
1.4 Control de Calidad de los Análisis en Muestra de Agua	9
1.5 Calidad de Aire y Meteorología	11
II. CAPÍTULO II	
MONITOREO TERRESTRE CALDERA	28
2.1 Introducción	28
2.2 Calidad del Aire y Meteorología	28

ANEXOS

ANEXO 1 Certificados de análisis químicos

- 1.1 Análisis químico de muestras de agua
- 1.1 Análisis químico de PM10
- 1.2 Análisis químico del polvo sedimentable

ANEXO 2 Hojas con datos de terreno en monitoreo de PM10

ANEXO 3 METEOROLOGÍA

- Estación Tierra Amarilla
- Estación Mina
- Estación Caldera

CAPÍTULO I: MONITOREO TERRESTRE TIERRA AMARILLA

1.1 Introducción

SERPRAM se encuentra desarrollando, a partir del 01 de Enero de 2008, el Programa de Monitoreo Ambiental - Localidad de Tierra Amarilla para la Compañía Contractual Minera Candelaria.

Cabe hacer notar, que en los años 1995 y 1996 el programa de monitoreo fue llevado a cabo por INTEC-CHILE y a partir del año 1997 lo está realizando SERPRAM, con el mismo personal técnico y tipo de equipamiento.

El programa dice relación con la calidad del agua y cuantificación de los recursos hídricos subterráneos, calidad del aire, meteorología y monitoreo de ruido y vibraciones, según acta de acuerdos del 4 de junio de 1997, suscrita por el Servicio Agrícola Ganadero, Servicio de Salud Atacama, Dames & Moore, SERPRAM, CCMC y CONAMA, informada mediante Ordinario N° 00409 del 6 de agosto de 1997 por parte de CONAMA y modificada por las Resoluciones N° 395 del 16 de julio de 1998 y N° 453 del 12 de julio de 1999, ambas del Servicio de Salud de Atacama.

El presente informe corresponde al Tercer Informe Trimestral del Monitoreo del recurso hídrico, tanto de aguas subterráneas como de aguas mina, pique y laguna de clarificación, calidad de aire y meteorología, realizados entre los meses de Julio y Septiembre de 2008.

Cabe hacer notar que el monitoreo durante este trimestre se realizó bajo el mismo esquema de los años anteriores, con algunas modificaciones menores que se explican en la sección respectiva.

Las actividades desarrolladas durante este tercer trimestre se resumen a continuación:

- Campaña semestral (Septiembre 2008) de muestreo de aguas subterráneas, aguas mina, pique y laguna de clarificación, para determinación de calidad físico-química y niveles freáticos en los puntos definidos por el programa.
- Monitoreo de material particulado respirable (PM10), cada tres días, en la estación de Tierra Amarilla.
- Muestreo mensual en polvo sedimentable en los puntos definidos por el programa.
- Recuperación de datos mensuales desde las estaciones meteorológicas ubicadas en Tierra Amarilla y Mina Candelaria.

1.2 Recurso Hídrico Subterráneo

1.2.1 Identificación de los puntos de muestreo

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los puntos de muestreo para agua subterránea son cuatro, los cuales se detallan a continuación:

- WB 1 Pozo de Paipote (Pozo 11) reemplaza al pozo de observación de la Dirección General de Aguas (Pozo DGA C-17) por estar varios años totalmente seco.
- WB 2 Pozos de la Compañía Contractual Minera Candelaria, sector Tierra Amarilla (Pozo CCMC).
- WB 3 Pozo de la Compañía Contractual Minera Ojos del Salado, sector Tierra Amarilla (Pozo MINOSAL).
- WB 4 Pozo de la Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama, sector de Nantoco (Pozo EMSSAT). A partir del año 2006 esta muestra se obtiene de una llave de una casa particular.

Hay que indicar que el caso del WB - 2, correspondiente a los pozos de Candelaria (cinco en total), la muestra para calidad de agua se toma en el pozo N° 8, y los niveles freáticos se miden en los cinco pozos.

Cabe hacer notar, que en el punto WB-3, pozo MINOSAL, la muestra se toma en un pozo activo (pozo 9).

La ubicación de estos pozos se muestra en la Figura 1.2.1.

1.2.2 Parámetros Analizados

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los parámetros analizados en el muestreo correspondiente al tercer trimestre del año 2008, en todos los pozos descritos, son los indicados en la Tabla 1.2.1, en la cual se indica además la frecuencia del muestreo.

La temperatura y el pH se miden en terreno y los restantes se analizan en los Laboratorios de DICTUC.

Adicionalmente, en el trimestre, se midieron los niveles freáticos de los pozos de muestreo, incluidos los cinco pozos de Candelaria.

Finalmente como dato complementario, se obtienen datos del caudal de agua extraída y recirculada en los pozos de Minera Candelaria. Esta información es de responsabilidad de Minera Candelaria.

1.2.3 Procedimientos de muestreo

El programa de monitoreo, toma de muestras y mediciones de nivel freático, se realizaron de acuerdo a las normas establecidas para cada caso. La toma de muestras de agua, el tipo de envase, los preservantes y el transporte, se basan en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" de la APHA, AWWA y WPCF.

1.2.4 Resultados

Los resultados obtenidos de la campaña del segundo semestre de 2008 se presentan en las Tablas 1.2.2, 1.2.3 y 1.2.4. En Anexo 1.1 se presentan los certificados entregados por el laboratorio químico que realizó los análisis a las distintas muestras.

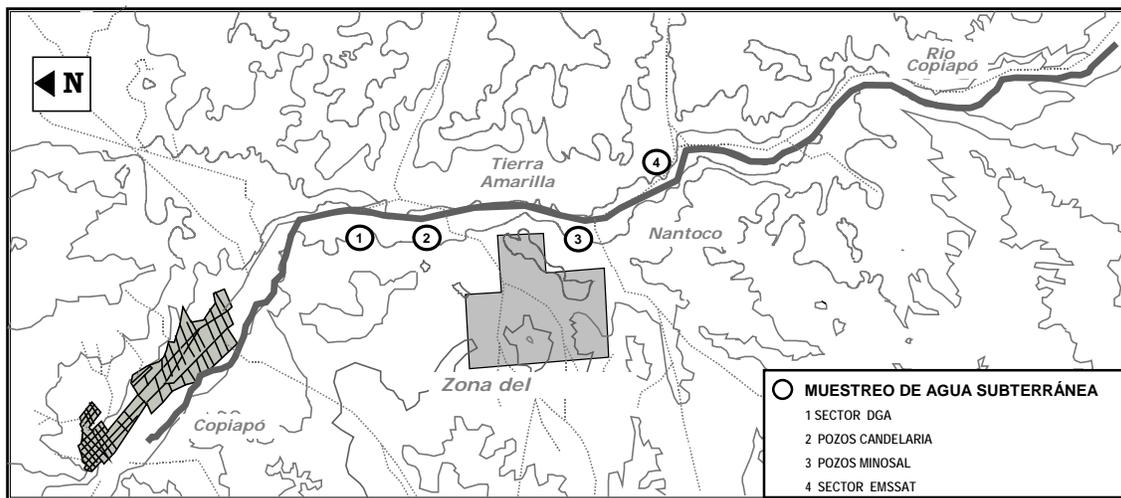


FIGURA 1.2.1
UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA
Compañía Contractual Minera Candelaria
Plan de Monitoreo Ambiental
Tierra Amarilla, III Región, Chile

TABLA 1.2.1

**MUESTREO DE AGUAS SUBTERRANEAS, AGUAS MINA, AGUA PIQUE Y LAGUNA CLARIFICACION
PROGRAMA DE MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
PARAMETROS ANALIZADOS Y FRECUENCIA DE MUESTREO**

PARAMETRO	UNIDAD	FRECUENCIA MUESTREO
a) Análisis Físico-Químico		
Aluminio	mg/L	Anual
Amonio como N	mg/L	Anual
Arsénico (*)	mg/L	Anual
Bario	mg/L	Anual
Berilio(*)	mg/L	Anual
Boro	mg/L	Semestral
Cadmio (*)	mg/L	Anual
Cianuro (*)	mg/L	Anual
Cloruro (*)	mg/L	Anual
Cobalto (*)	mg/L	Anual
Cobre (*)	mg/L	Semestral
Cromo (*)	mg/L	Anual
Detergentes como SAAM	mg/L	Anual
Fenoles	mg/L	Anual
Fluor	mg/L	Anual
Hierro (*)	mg/L	Semestral
Litio (*)	mg/L	Anual
Magnesio(*)	mg/L	Anual
Manganeso (*)	mg/L	Semestral
Mercurio (*)	mg/L	Anual
Molibdeno (*)	mg/L	Anual
Niquel (*)	mg/L	Anual
Nitrato como N	mg/L	Anual
Nitrito como N	mg/L	Anual
Plata (*)	mg/L	Anual
Plomo (*)	mg/L	Anual
Selenio (*)	mg/L	Anual
Sodio Porcentual	%	Anual
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	Semestral
Sulfato	mg/L	Semestral
Vanadio (*)	mg/L	Anual
Cinc (*)	mg/L	Anual
Conductividad Específica	umho/cm	Semestral
pH	--	Semestral
Oxígeno Disuelto	mg/L	Semestral
Temperatura	°C	Semestral
Color	Escala Pt-Co	Anual
Turbiedad	NTU	Anual
b) Análisis Microbiológico		
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Anual
Coliformes Totales	NMP/100 mL	Anual
c) Nivel Freático		
	m	Mensual

* Concentraciones Totales

TABLA Nº 1.2.2
MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA
CALIDAD DE AGUA
FECHA DE MUESTREO: 04-09-2008

PARAMETRO	UNIDAD	PAIPOSE	CCMC	MINOSAL	EMSSAT	NORMA	
						NCH 1333	NCH 409
pH	-	7.42	7.25	7.45	7.78		6,0-8,5
Temperatura	° C	19.7	20.5	19.5	19.4		
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.1	6.0	6.4	7.0		
Conductividad Especifica	umho/cm	3,740	2,170	3,350	3,290	750	
Boro	mg/L	2.13	0.89	1.08	1.39	0.75	
Cobre	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.20	2.0
Hierro	mg/L	0.28	<0.03	<0.03	<0.03	5.00	0.3
Manganeso	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.20	0.10
Solidos Totales Disueltos	mg/L	2,350	1,470	2,110	2,290	500	1,500
Sulfatos	mg/L	651	635	751	885	250.00	500

TABLA Nº 1.2.3
MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA TIERRA AMARILLA
MEDICION DE NIVEL FREATICO
TRIMESTRE 3: JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE DE 2008

POZO	COTA COLLAR (m.s.n.m.)	30.06.08		04.08.08		01.09.08	
		NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD	NIVEL FREATICO (m)	ACTIVIDAD
POZO EMSSAT	523.00	-	SI	-	SI	-	SI
POZO MINOSAL	507.08	412.21	NO	410.70	NO	408.42	NO
POZO Nº 2 CANDELARIA	482.64	398.72	NO	396.70	NO	395.35	NO
POZO Nº 3 CANDELARIA	482.64	398.84	NO	396.89	NO	395.68	NO
POZO Nº 4 CANDELARIA	482.71	-	NO	-	NO	-	NO
POZO Nº 5 CANDELARIA	484.75	400.07	NO	398.09	NO	396.74	NO
POZO Nº 6 CANDELARIA	484.46	-	NO	-	NO	-	NO
POZO PAIPOSE	468.00	397.17	NO	395.6	NO	394.96	NO

TABLA Nº 1.2.4
CAUDAL DE AGUA EXTRAIDA Y RECIRCULADA
(RESUMEN MENSUAL)
TRIMESTRE 3: JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE DE 2008

MES	AGUA EXTRAIDA DE POZO		AGUA RECIRCULADA DE PIQUE	
	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)	CANTIDAD (m3)	CAUDAL (L/s)
Jul-08	440,882	164.6	722,573	269.8
Ago-08	503,227	187.9	778,797	290.8
Sep-08	519,980	200.6	706,744	272.7

1.2.5 Comentarios

De acuerdo a los requerimientos del programa de monitoreo, la calidad de las aguas subterráneas durante este trimestre, debe ser comparada con la Norma Chilena Oficial NCh 1333/78 para agua de riego, modificada en 1987, y por la Norma Chilena Oficial NCh 409/2005.

Con respecto a los parámetros analizados semestralmente (Septiembre de 2008) para calidad de agua, en este tercer trimestre se puede indicar para cada uno de ellos lo siguiente:

a) pH

Para todos los puntos muestreados el pH está dentro de los rangos permitidos por ambas normas de calidad de agua (7.25 - 7.78) y están dentro de los promedios de los años anteriores (1995 a 2007) y primer semestre de 2008.

b) Oxígeno disuelto (OD)

Si bien no existe una norma con la cual comparar los resultados obtenidos, en los tres puntos monitoreados se midieron rangos de OD similares a los obtenidos en años anteriores. Los valores están comprendidos en el rango de 4.1 a 7.0 mg/L.

c) Conductividad específica (CE)

La norma NCh 1333 para agua de riego, considera que bajo 750 $\mu\text{mho/cm}$ no se observan efectos perjudiciales, y que entre 750 y 1500 $\mu\text{mho/cm}$ las aguas pueden tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles y entre 1500 y 3000 $\mu\text{mho/cm}$ los efectos pueden ser adversos en muchos cultivos.

Bajo estos conceptos todos los puntos muestreados presentan durante el semestre, valores entre 2170 y 3740 $\mu\text{mho/cm}$, superiores a los obtenidos en los años anteriores, por tanto las aguas presentan cierta restricción de uso en cultivos sensibles. El contenido más alto se presenta en el pozo PAIPOTE y el más bajo en los pozos CANDELARIA.

d) Sólidos disueltos totales (SDT)

De acuerdo a la Norma NCh 1333 para agua de riego, con contenidos de SDT bajo 500 mg/L no se observan efectos perjudiciales, entre 500 y 1000 mg/L pueden existir efectos perjudiciales en cultivos sensibles y entre 1000 y 2000 mg/L los efectos son adversos en muchos cultivos.

Por otro lado, la Norma NCh 409 para agua potable, tiene como límite máximo 1500 mg/L, pero el Ministerio de Salud puede aceptar eventualmente un contenido mayor.

Todos los pozos analizados en el semestre presentan contenidos que fluctúan entre 1470 y 2350 mg/L, por tanto, para agua de riego y potable presentan cierto grado de restricción. El

contenido más alto se presenta en el pozo PAIPOTE y el más bajo en los pozos CANDELARIA.

e) Sulfato

La norma de calidad de agua para sulfato es de 250 mg/L para riego y de 500 mg/L para consumo como agua potable.

Todos los pozos analizados durante el semestre superan ambas normas, con valores que fluctúan entre 635 y 885 mg/L, superiores a los de años anteriores.

El contenido más alto se presenta en el pozo EMSSAT y el más bajo se presenta en los pozos CANDELARIA.

f) Boro

El boro, a diferencia del semestre anterior, presenta contenidos superiores a la norma de calidad de agua para riego (0.75 mg/L). Los valores fluctúan entre 0.89 y 2.13 mg/L.

g) Cobre

Los contenidos de cobre para todos los puntos, están bajo las normas de calidad de agua y el comportamiento es similar a los años anteriores.

h) Hierro

Los contenidos de hierro de los pozos PAIPOTE, CANDELARIA, MINOSAL y EMSSAT presentan contenidos que cumplen las normas de calidad de agua.

i) Manganeso

Los contenidos de manganeso de los pozos PAIPOTE, CANDELARIA, MINOSAL y EMSSAT presentan contenidos que cumplen las normas de calidad de agua.

1.3 Aguas de recirculación

1.3.1 Identificación de los puntos de muestreo

En base al programa de monitoreo, se midieron durante el segundo semestre de 2008 sólo dos de los tres puntos de muestreo en el sector de las faenas mineras, correspondientes a aguas de recirculación, cuya identificación es la siguiente:

WM 1	Agua de mina
WM 2	Agua de pique
WM 3	Laguna de clarificación

1.3.2 Parámetros analizados

De acuerdo al programa de monitoreo establecido, los parámetros analizados en este trimestre para los tres puntos, son los mismos que se indicaron en la Tabla 1.2.1, en la cual se indicó además la frecuencia del muestreo.

La temperatura y pH se miden en terreno y los restantes se analizan en los Laboratorios de DICTUC.

Adicionalmente, el programa de monitoreo contempla la determinación de caudales del agua recirculada del pique. Esta medición es responsabilidad de la Gerencia Concentradora de Candelaria.

1.3.3 Procedimientos de Muestreo

El programa de monitoreo, se realizó de acuerdo a las normas establecidas para cada caso. La toma de muestra de agua, el tipo de envase, los preservantes y el transporte, se basan en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater" de la APHA, AWWA y WPCF.

1.3.4 Resultados

Los resultados obtenidos en el segundo semestre de la campaña de muestreo de 2008, se presentan en la Tabla 1.3.1. En Anexo 1.1 se presentan los certificados entregados por el laboratorio químico que realizó los análisis a las distintas muestras.

TABLA Nº 1.3.1
MUESTREO DE AGUAS MINA, PIQUE, Y LAGUNA DE CLARIFICACION
MINERA CANDELARIA
CALIDAD DE AGUAS
FECHA DE MUESTREO: 05-09-2008

PARAMETRO	UNIDAD	AGUA MINA	AGUA PIQUE	LAGUNA CLARIFICACION	NORMA NCH 1333
pH	-	-	7.7	7.56	
Temperatura	° C	-	20.2	16.5	
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	5.65	5.9	
Conductividad Específica	umho/cm	-	6,830	6,720	750
Boro	mg/L	-	1.37	0.86	0.75
Cobre	mg/L	-	<0.01	<0.01	0.20
Hierro	mg/L	-	<0.03	<0.03	5.00
Manganeso	mg/L	-	<0.01	<0.01	0.20
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	-	4,470	4,590	500
Sulfatos	mg/L	-	2,081	2,265	250.00

1.3.5 Comentarios

Las aguas de mina, pique y laguna de clarificación, sólo de modo referencial, se pueden comparar con la norma para agua de riego, o comparar su calidad con la calidad del agua superficial y subterránea.

Los resultados obtenidos para este segundo semestre del año 2008 para los puntos de muestreo en el Sector Mina muestran lo siguiente:

a) Aguas de Mina

La muestra de aguas MINA no pudo ser tomada, ya que no hay acceso al fondo de la mina.

b) Agua de Pique

El agua de Pique presenta, contenidos altos de SDT, CE, sulfato y boro

c) Laguna de Clarificación

Al igual que el agua del Pique, los resultados de los análisis químicos presentan contenidos altos en SDT, CE, sulfato y boro.

1.4 Control de Calidad de los Análisis en Muestra de Agua

Como parte del Programa de Aseguramiento de Calidad, se contempla el control de calidad de los análisis de las muestras de agua. Durante el año 2008, al igual que en los años anteriores, el control se realiza una vez al año para el control intralaboratorio e interlaboratorio.

En el mes de Septiembre de 2008 correspondió realizar un control intralaboratorio e interlaboratorio.

1.4.1 Control Intralaboratorio

Para las aguas subterráneas se seleccionó un punto de muestreo, con la mayor influencia del proyecto y que corresponde a:

Punto 2 de aguas subterráneas: Pozo Candelaria (2 WB)

En este punto se tomó una muestra duplicada, denominada 5WB, a la cual se le determinó los mismos parámetros determinados en el Laboratorio que al punto 2WB, es decir:

- Conductividad específica
- Boro
- Cobre (concentraciones totales)
- Hierro (concentraciones totales)
- Manganeso (concentraciones totales)
- Sólidos Totales Disueltos

- Sulfatos

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.4.1, junto con el cálculo del coeficiente de variación.

TABLA 1.4.1

**MUESTREO AGUAS SUBTERRÁNEAS
TIERRA AMARILLA
PROGRAMA ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
CONTROL INTRALABORATORIOS**

SEPTIEMBRE 2008

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUBTERRÁNEAS (WB)		
		PUNTO 2WB	PUNTO 5WB	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)
Conductividad Específica	µmho/cm	2170	2140	1.23
Boro	mg/L	0.89	0.84	5.12
Cobre	mg/L	<0.01	<0.01	0.00
Hierro	mg/L	<0.03	<0.03	0.00
Manganeso	mg/L	<0.01	<0.01	0.00
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1470	1440	1.83
Sulfatos	mg/L	634.6	634.6	0.00
pH		7.25	7.32	0.85

Los coeficientes de variación del mes de Septiembre 2008 son bajos para todos los parámetros analizados en aguas subterráneas.

1.4.2 Control Interlaboratorio

La verificación de la calidad de los análisis practicados a las muestras de agua del Laboratorio de Análisis Químico de Dictuc, se realizó con el Laboratorio Fundación-CHILE

La metodología utilizada consiste en realizar con una muestra de agua, en este caso se seleccionó el punto 2 de agua subterránea (CANDELARIA - 5WB), el siguiente procedimiento:

- Subdividir la muestra en cuatro partes
- Marcar a dos de ellas con cobre, hierro y manganeso, dejando inalteradas las dos restantes. Los contenidos adicionados son: hierro: 1,0 mg/L, cobre: 0,2 mg/L, manganeso: 0,2 mg/L
- Se envían dos muestras, una marcada y una inalterada al laboratorio externo seleccionado

- Se analizan en los laboratorios de DICTUC las dos muestras restantes, una marcada y una alterada.

Los resultados obtenidos de ambos laboratorios se presentan en la Tabla 1.4.2 junto con el coeficiente de variación.

TABLA 1.4.2

**MUESTREO AGUAS SUBTERRÁNEAS TIERRA AMARILLA
PROGRAMA ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
CONTROL INTERLABORATORIOS
SEPTIEMBRE 2008**

PARÁMETRO	UNIDAD	LABORATORIO DICTUC		LABORATORIO FUNDACIÓN CHILE		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	
		CON MARCA	SIN MARCA	CON MARCA	SIN MARCA	CON MARCA	SIN MARCA
Hierro	mg/L	1.10	<0.03	0.67	0.043	43.07	31.57
Cobre	mg/L	0.208	<0.01	0.20	0.015	3.48	35.46
Manganeso	mg/L	0.182	<0.01	0.16	<0.005	11.41	0.00

Los coeficientes de variación para las muestras con y sin "marca" están dentro de los rangos aceptados. Hay que hacer notar que los valores de las muestras sin marca están bajo límite de detección de las técnicas analíticas.

1.5 Calidad del Aire y Meteorología

1.5.1 Puntos de Muestreo y Actividades Desarrolladas

1.5.1.1 Calidad de Aire

- * Material Particulado Respirable (PM10)

De acuerdo al programa de monitoreo terrestre establecido en conjunto con las autoridades (Servicio de Salud Atacama, SAG, SERNAGEOMIN y CONAMA) se muestreó PM10 en estación Tierra Amarilla.

Durante este tercer trimestre de monitoreo (Julio - Septiembre 2008) se acondicionaron y pesaron los filtros antes y después del muestreo, en una sala con presión positiva, temperatura de 25°C y humedad relativa de 30%.

El muestreo se realizó con un muestreador de gran volumen, el que está provisto de un cabezal PM10, un controlador de flujo volumétrico (estado del arte) y un programador digital.

Algunos de los filtros recolectados fueron enviados a análisis químico para determinar el contenido de Arsénico y SiO₂ libre.

* Polvo Sedimentable (PS)

Se instalaron colectores de polvo en dos lugares los cuales tienen la siguiente identificación:

- PS3 : NANTOCO
- PS4 : SECTOR MINA

Los colectores fueron expuestos al aire ambiente durante treinta días y luego enviados al Laboratorio Químico para ser analizados por As, Cu, Fe y SiO₂ libre.

En Figura 1.5.1 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo.

1.5.1.2 Meteorología

Se monitoreó de acuerdo al programa velocidad y dirección del viento en Tierra Amarilla y en la Mina Candelaria. A estas estaciones se les denominó TAMA y MINA.

El monitoreo fue continuo y los datos se almacenaron en Datalogger.

1.5.2 Procedimiento de Muestreo

1.5.2.1 Calidad del aire

Las metodologías utilizadas para la operación de las redes de monitoreo terrestre son las oficiales y reconocidas por las autoridades de los respectivos Ministerios de Salud, Minería, Agricultura y Gobernación Marítima y los métodos de análisis químico son estándares y cuentan con un sistema de aseguramiento de calidad bajo las directrices de la Norma ISO 9000.

1.5.2.2 Variables Meteorológicas

La estación meteorológica está provista de una hélice que mide la velocidad del viento y de una veleta que indica la dirección del viento. El umbral de partida es de 0,4 m/s y tiene una exactitud operacional de 1% para la velocidad del viento, o sea, 0,5 m/s, y de 2% para la dirección del viento (5 grados).

El procedimiento de muestreo de variables meteorológicas consistió en la creación de un archivo mensual de datos horarios por estación y por parámetro y la obtención de:

- Promedios y valores extremos diarios
- Promedios y valores extremos para horas dadas en el mes
- Número de datos por mes (% de recuperación)
- Rosa de frecuencia de dirección para toda la serie
- Rosa de frecuencia de dirección para algunas horas a lo largo del día
- Dirección de frecuencia de direcciones

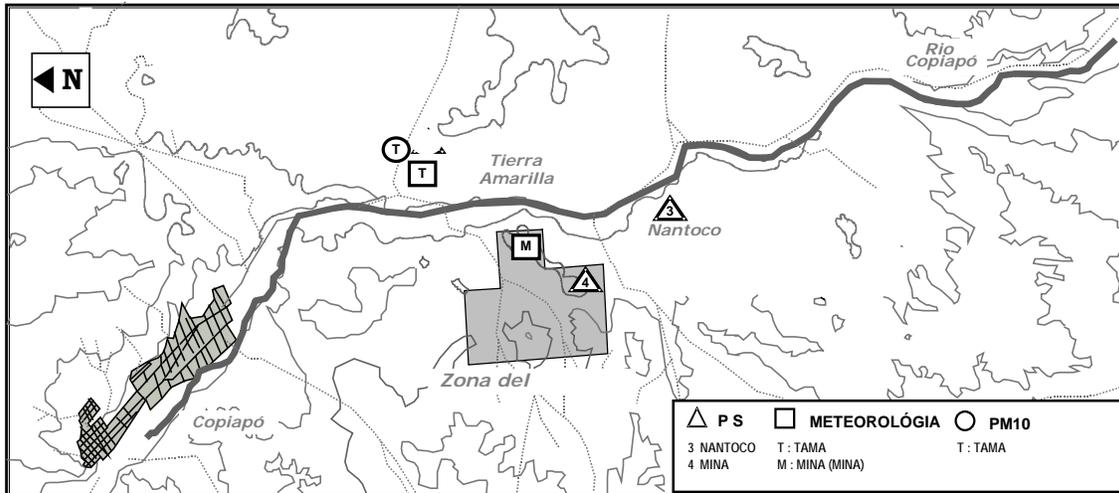


FIGURA 1.5.1
 UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO
 MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10), POLVO SEDIMENTABLE Y ESTACIÓN
 METEOROLÓGICA
 Compañía Contractual Minera Candelaria
 Plan de Monitoreo Ambiental
 Tierra Amarilla, III Región, Chile

1.5.3 Resultados

1.5.3.1 Calidad del Aire

* Material particulado respirable (PM10)

En Tabla 1.5.1 se presentan los resultados de PM10 obtenidos en el período Julio - Septiembre 2008 en estación Tierra Amarilla (TAMA). En la Tabla se indica la fecha en que se realizaron los muestreos, las concentraciones de PM10, expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y el contenido de arsénico y sílice libre, expresados en porcentaje en peso y en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

En Anexo 2 se presentan los cálculos con los parámetros que permitieron obtener los resultados de la concentración de PM10 y en Anexo 1.2 se presenta los certificados de las muestras que fueron sometidas a Análisis Químico.

TABLA 1.5.1

**RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10)
Y SU CONTENIDO DE ARSÉNICO Y SÍLICE LIBRE
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

FECHA	CONCENTRACIÓN µg/m ³ N	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
		%	µg/m ³ N	%	µg/m ³ N
02-07-08	102	0.124	0.126		
05-07-08	109			1.9	2.0
08-07-08	117				
11-07-08	71				
14-07-08	25				
17-07-08	88	0.066	0.058		
20-07-08	43			5.7	2.5
23-07-08	91				
26-07-08	97				
29-07-08	75				
01-08-08	97				
04-08-08	76				
07-08-08	119			1.6	1.9
10-08-08	62	0.029	0.018		
13-08-08	86				
16-08-08	60				
19-08-08	52			2.7	1.4
22-08-08	66				
25-08-08	77				
28-08-08	116	0.013	0.015		
31-08-08	93				
03-09-08	80			3.8	3.1
06-09-08	89	0.028	0.025		
09-09-08	91				
12-09-08	144				
15-09-08	98	0.055	0.055		
18-03-08	65				
21-09-08	80			3.8	3.0
24-09-08	95				
27-09-08	67				
30-09-08	48				
PROMEDIO	83	0.053	0.050	3.2	2.3

* Polvo sedimentable

Los resultados de los muestreos de polvo sedimentable obtenidos en las dos estaciones de muestreo se presentan en Tabla 1.5.2. Por otra parte, en Tablas 1.5.3 al 1.5.6 se muestran los resultados del contenido de arsénico, cobre, hierro y sílice libre, que hay presente en el polvo sedimentable recolectado. En Anexo 1.3 se presentan los certificados entregados por el laboratorio químico que realizó los análisis a las distintas muestras.

TABLA 1.5.2

**RESULTADOS POLVO SEDIMENTABLE
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO JULIO - SEPTIEMBRE 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS mg/cm²/30 días**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
PS3	Nantoco	0.2070	0.2623	0.2918	0.2537
PS4	Sector Mina	1.0222	0.9223	0.9131	0.9525

TABLA 1.5.3

**CONTENIDO DE ARSÉNICO EN EL POLVO SEDIMENTABLE
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO JULIO - SEPTIEMBRE 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
PS3	Nantoco	0.018	0.009	0.006	0.011
PS4	Sector Mina	0.006	0.005	0.014	0.008

TABLA 1.5.4

**CONTENIDO DE COBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO JULIO - SEPTIEMBRE 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
PS3	Nantoco	1.25	0.63	0.97	0.95
PS4	Sector Mina	1.12	0.75	1.48	1.12

TABLA 1.5.5

**CONTENIDO DE HIERRO EN EL POLVO SEDIMENTABLE
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO JULIO - SEPTIEMBRE 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
PS3	Nantoco	10.00	7.15	8.95	8.70
PS4	Sector Mina	13.09	6.71	14.66	11.49

TABLA 1.5.6

**CONTENIDO DE SÍLICE LIBRE EN EL POLVO SEDIMENTABLE
RED MONITOREO PROYECTO CANDELARIA
PERIODO JULIO - SEPTIEMBRE 2008
CONCENTRACIONES EXPRESADAS EN PORCENTAJE EN PESO**

NUMERO MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	MES			PROMEDIO
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
PS3	Nantoco	0.64	0.52	0.35	0.50
PS4	Sector Mina	0.13	0.07	0.27	0.16

1.5.3.2 Variables Meteorológicas

A. Estación TAMA.

En Tabla 1.5.7 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.5.8 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Tierra Amarilla (TAMA).

Por otra parte, en Figuras 1.5.2 y 1.5.3 se presentan los gráficos de los valores medios horarios para el mes de la velocidad del viento (ciclo horario mensual) y las rosas de vientos mensuales, respectivamente, para el período de monitoreo Julio - Septiembre 2008 y en Anexo 2 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en el monitoreo terrestre de Candelaria.

TABLA 1.5.7

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

PARÁMETRO	MES		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100

TABLA 1.5.8

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN TIERRA AMARILLA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento (m/seg)	1.9	2.0	2.2
Dirección Predominante			
- Día	N, NNE	NNW, N, NNE	NNW, N, NNE
- Noche	S, SSE NNW, N	NNW, N, NNE S, SSE	NNW, N, NNE S, SSE

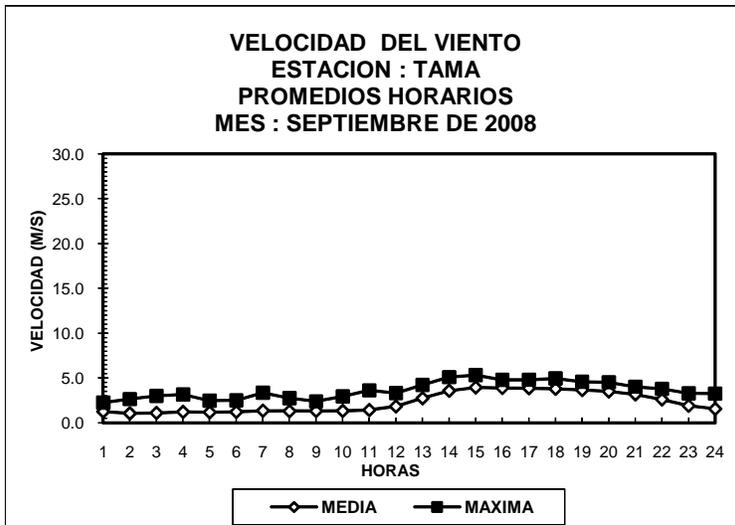
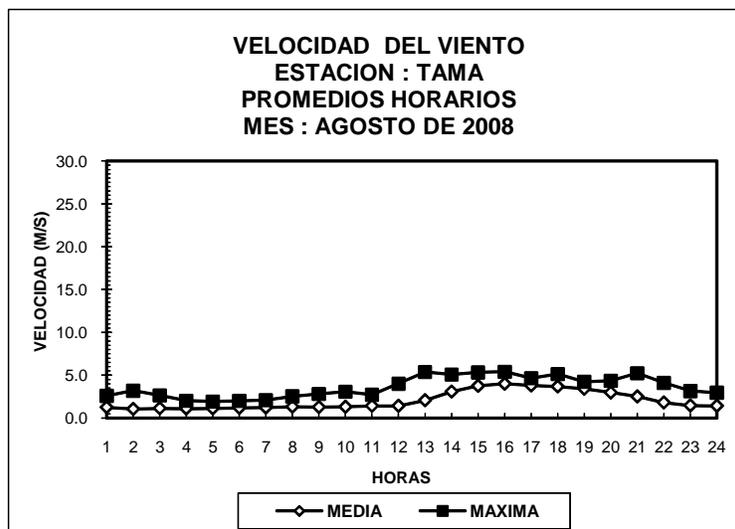
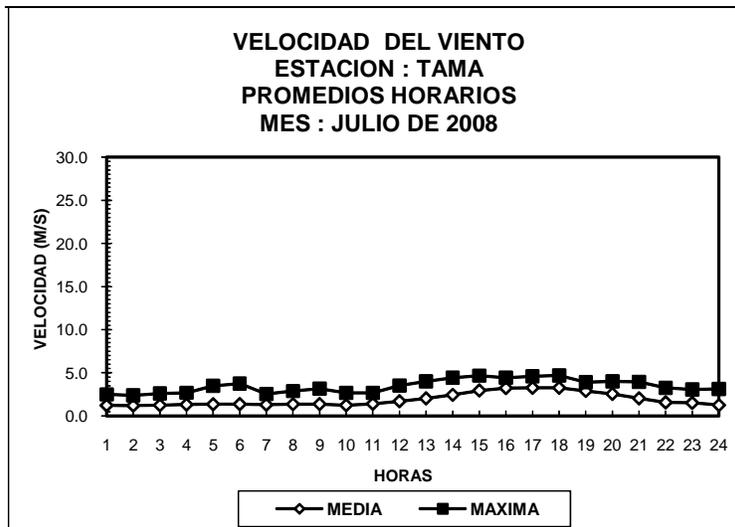


FIGURA N ° 1.5.2
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION TAMA
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008

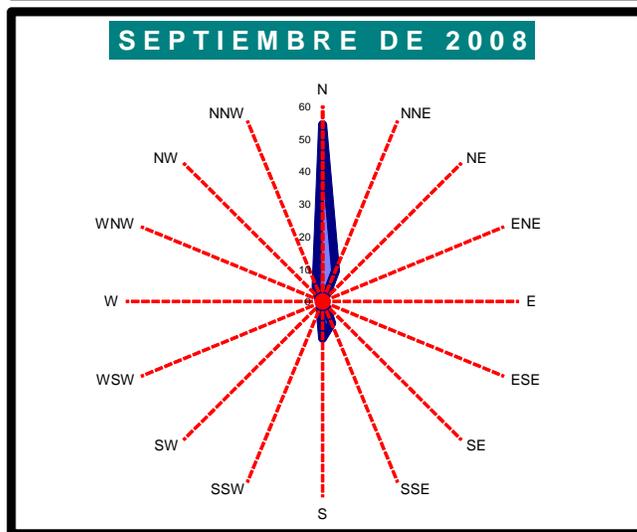
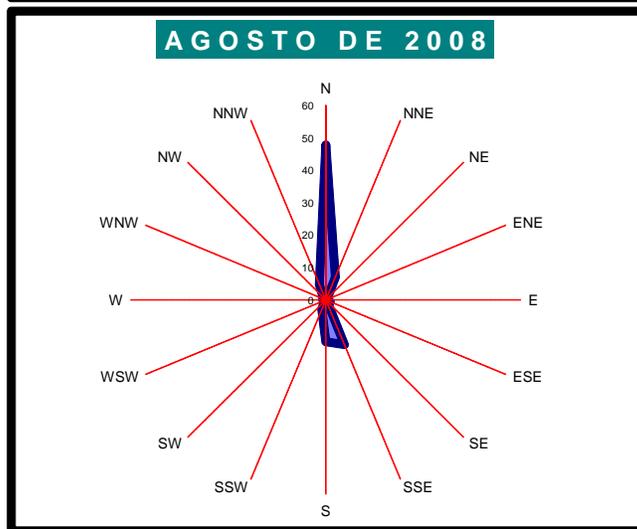
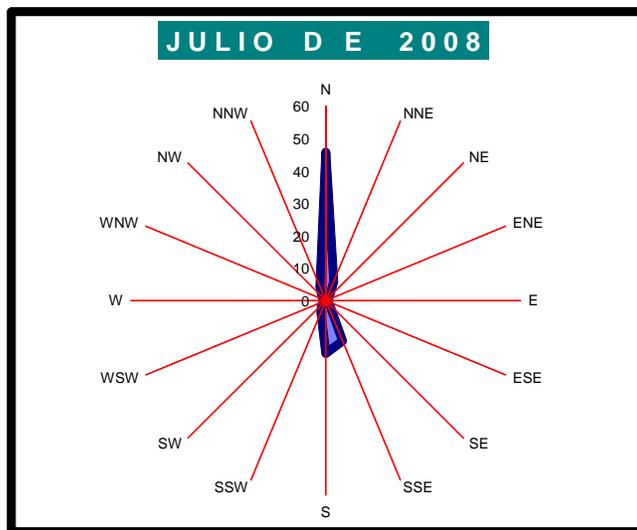


FIGURA N ° 1.5.3
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION TAMA
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008

B. Estación MINA

Al igual que en estación Tierra Amarilla, en Tabla 1.5.9 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios en el monitoreo de parámetros meteorológicos y en Tabla 1.5.10 se presenta un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Estación Mina (MINA).

Por otra parte, en Figuras 1.5.4 a 1.5.5 se presentan los gráficos de los valores medios horarios para el mes de la velocidad del viento (ciclo horario mensual) y las rosas de vientos mensuales, respectivamente, para el período de monitoreo Julio - Septiembre 2008 y en Anexo 2 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en el monitoreo terrestre de Candelaria.

TABLA 1.5.9

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN MINA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento	100	99.9	81.7
Dirección del Viento	100	99.9	81.7

TABLA 1.5.10

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN MINA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

PARÁMETRO	M E S		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento promedio (m/seg)	1.8	2.0	2.1
Dirección Predominante - Día	N, NNE	N, NNE	NNW, N, NNE, NE
- Noche	N, NNE SSE, S, SSW	N, NNE SSE, S, SSW	N, NNE, NE SSE, S, SSW

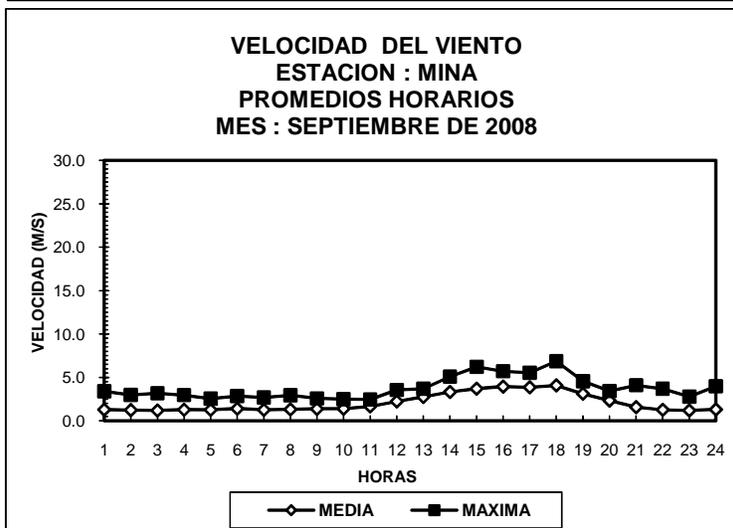
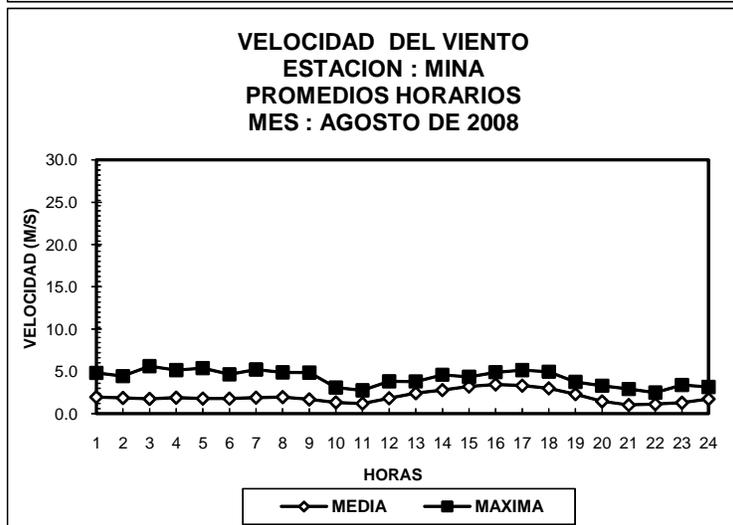
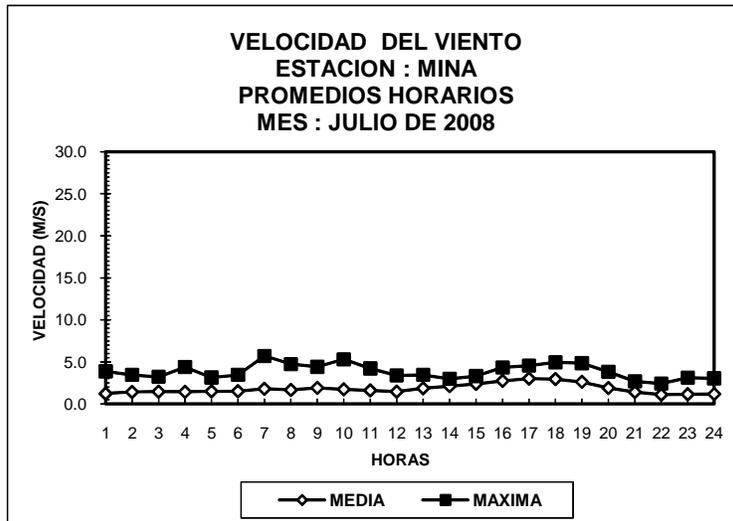


FIGURA N° 1.5.4
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION MINA
GRAFICOS DE VALORES MEDIOS HORARIOS PARA EL MES
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008

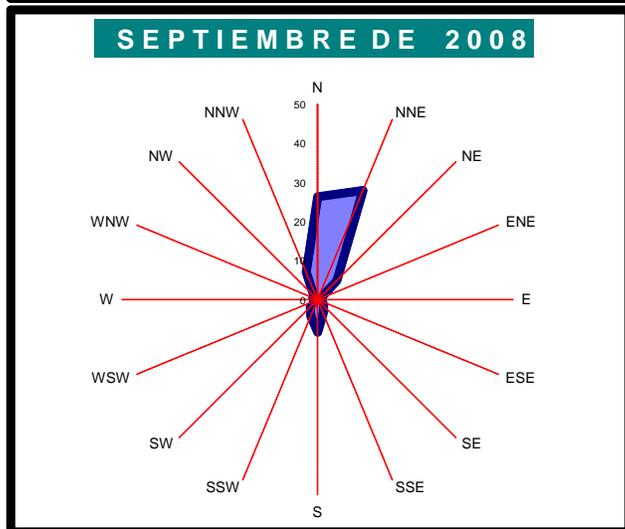
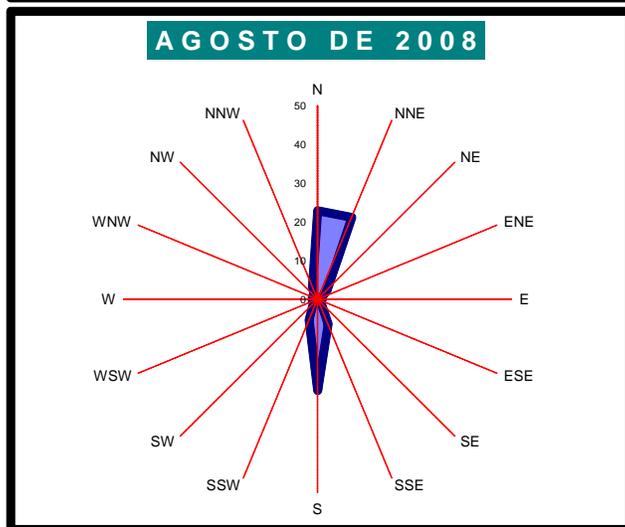
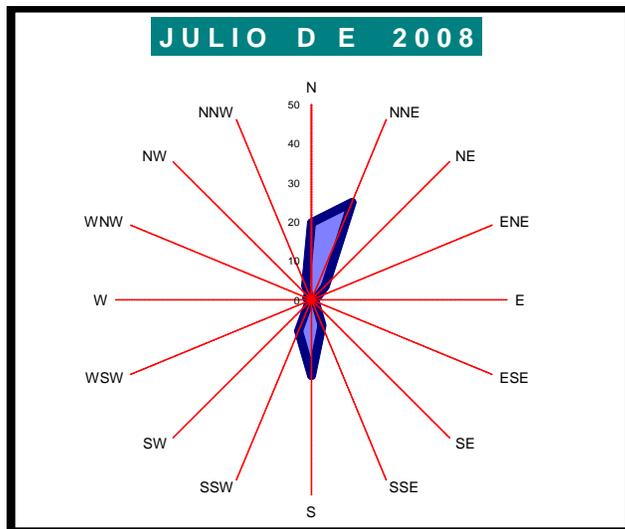


FIGURA N ° 1.5.5
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION MINA
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008

1.5.4 Análisis de Resultados

1.5.4.1 Calidad del Aire

* 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 de aire para PM10, para todo el país.

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 1°, 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.

Según John H. Seinfeld¹, una atmósfera limpia contiene alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas y una sucia, en áreas urbanas, de 60 a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En áreas altamente contaminadas se han alcanzado valores de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Al comparar los valores de la Tablas 1.5.1 donde se presentan las concentraciones de PM10 medidas en el área de monitoreo correspondiente a Tierra Amarilla, con las normas de calidad de aire, podemos inferir que durante el período de mediciones, Julio - Septiembre, no se superó, fluctuando los valores medios diarios entre 25 y $144 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ con un

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

promedio trimestral de $83 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Al comparar estos valores con los del año 2007 en igual período, se puede inferir que son un 13 % inferiores.

De la misma Tabla se puede observar que el contenido de Arsénico estuvo comprendido entre $0,015$ y $0,126 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio $0,050 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, lo que significa que 0,053 % de las PM10 tiene arsénico. Al comparar estos valores con los del año anterior, igual período, se puede inferir que son levemente superiores, pero se mantienen dentro del mismo orden de magnitud, lo que significa que las condiciones ambientales en lo que respecta a este elemento han mejorado ostensiblemente.

Por último, en lo que respecta al contenido de SiO_2 libre en las PM10, sólo existen normas en ambientes de trabajo, el Decreto 594 del Ministerio de Salud, de fecha Julio 2001, fijó una concentración de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SiO_2 libre en las PM10.

Los valores obtenidos de SiO_2 libre en Estación TAMA están comprendidos entre 1,4 y 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio de $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores levemente superiores a los obtenidos en igual trimestre del año anterior.

* Polvo Sedimentable

En la cuenca del río Copiapó no existe una norma de calidad de aire en lo que respecta a polvo sedimentable, por lo tanto, usaremos como referencia el valor límite fijado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de $0,50 \text{ mg}/\text{cm}^2/30$ días para ciudades con el fin de proteger el medio ambiente de las personas que las habitan.

Al comparar esta norma con las mediciones realizadas en los dos lugares de monitoreo, cuyos resultados se presentaron en Tabla 1.5.2, podemos inferir que se sobrepasó durante el 100 % del período en estación MINA. En cambio, en estación NANTOCO, no se sobrepasó.

En el sector Mina las fuentes emisoras principales de emisiones de polvo, son el polvo levantado por el tránsito de maquinaria y camiones por caminos de tierra en las distintas faenas de la mina y concentradora, el polvo proveniente de la caída libre del mineral al stock pile, el polvo producido en la tronadura, el polvo levantado por la carga y descarga de camiones y los desbordes de la mina. Cabe hacer notar que los caminos internos y externos se riegan constantemente durante el día y la noche, lo mismo sucede con la carga de camiones en la mina, ya que normalmente hay un camión aljibes regando el frente cuando está trabajando una pala; con lo cual las emisiones de material particulado por este concepto se hacen mínimas.

Por otra parte, de Tablas 1.5.3 a 1.5.6 donde se presenta la composición química del polvo sedimentable podemos inferir, al igual que en años anteriores, que los contenidos de As, Cu, Fe y SiO_2 libre, en las partículas son bajos y homogéneos.

1.5.4.2 Variables Meteorológicas

Estación TIERRA AMARILLA

Las velocidades medias y dirección predominantes en cada mes se presentaron en la Tabla 1.5.8. El flujo de aire en TAMA está asociado principalmente a los efectos del calentamiento del suelo por radiación solar durante el día y enfriamiento durante la noche. Las direcciones de viento se invierten entre el día y la noche.

Las velocidades medias aumentan paulatinamente a lo largo del período, a medida que comienza a aparecer la primavera.

Las velocidades muestran un ciclo diario, con mayores valores entre 13 y 21 h. Las velocidades máximas sobrepasan 3 m/s, entre las 14 y 20 h. Los valores mínimos se producen entre las 23 h y 11 h del día siguiente, con valores que están comprendidos de 1,1 y 1,5 m/s.

El viento muestra un ciclo diario definido, con diferencias de dirección entre el día y la noche. El régimen de viento diurno se desarrolla en la mañana y alcanza su mayor intensidad en la tarde, con dirección desde el N, correspondiendo a flujo valle arriba. El régimen nocturno tiene dirección opuesta, con dirección desde el S y flujo valle abajo, el cual va disminuyendo en frecuencia a medida que se acercan los meses cálidos.

En Julio, el período con régimen diurno se presenta, entre las 11 y las 22 horas, donde predomina el viento del N, con velocidades medias comprendidas entre 1,4 y 3,3 m/s; el flujo nocturno se observa desde las 22.00 a las 12.00 horas, donde predomina el viento del SSE, S y SSW y algo del N, con velocidades medias del orden de 1,3 m/s en promedio. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 5.2 %

En Agosto, se observa el mismo comportamiento que el del mes de Julio, o sea, el período con régimen diurno se presenta, entre las 12 y las 23 horas, donde predomina el viento del N y NNE. Las velocidades medias están comprendidas entre 1,4 y 4,0 m/s; el flujo nocturno se observa desde las 23.00 a las 11.00 horas, donde predominan las direcciones del SSE, S y SSW y en algunos días en que predominan direcciones del N. Las velocidades medias durante el período nocturno son de 1,2 m/s en promedio. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 5.8 %, levemente superior al del mes de Julio.

En Septiembre, el período con régimen diurno se alarga, aún más, indicando la presencia de la primavera, entre las 12 y las 01 horas del día siguiente, predominando las componentes del NNW, N y NNE, con velocidades medias comprendidas entre 1,4 y 3,9 m/s. El régimen nocturno con flujo valle abajo comienza a disminuir, predomina algunos días desde las 01 a las 10 horas, con direcciones predominantes del SSE y S, las que representan un 18.5 % de tiempo y alcanzan velocidades medias del orden de 1,2 m/s. Existe un gran número de días en que el viento no cambia de componente entre el día y la noche, predominando la dirección N y NNE. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 6,0 %.

Estación MINA

Las velocidades medias y dirección predominantes en cada mes se presentaron en la Tabla 1.5.10. Las velocidades medias, al igual que en estación TAMA, aumentan paulatinamente a lo largo del período, a medida que comienza a aparecer la primavera.

Las velocidades muestran un ciclo diario poco marcado, con mayores valores entre 13 y 19 h. Las velocidades máximas sobrepasan 2,5 m/s, entre las 14 y 19 h. Los valores mínimos se producen entre las 21 h y 11 h, con valores medios comprendidos entre 1,0 y 2,0 m/s.

Al igual que en TAMA, el viento muestra un ciclo diario definido, con diferencias de dirección entre el día y la noche. El régimen de viento diurno se desarrolla en la mañana y alcanza su mayor intensidad en la tarde, con dirección desde el N y NNE, correspondiendo a flujo valle arriba. El régimen nocturno tiene dirección opuesta, con dirección desde el SSE, S y SSW, correspondiendo al flujo valle abajo, el cual va disminuyendo en frecuencia a medida que se acercan los meses cálidos.

En Julio el flujo diurno, valle arriba, predomina entre las 12 y 22 horas, donde predominan las direcciones del N y NNE, con velocidades medias comprendidas entre 1,1 y 3,0. El flujo nocturno, valle abajo, se observa entre las 22 horas y las 11 horas del día siguiente, donde predominan las direcciones SSE, S y SSW, las que representan un 35 % del tiempo, con velocidades medias comprendidas entre 1,1 y 1,9 m/s, típicas de meses de invierno. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 5,1 %.

En Agosto, el período con régimen diurno se observa entre las 11 y 21 horas, con predominio del N y NNE, con velocidades medias comprendidas entre 1,0 y 3,5 m/s. El flujo nocturno se observa desde las 22 a las 10 horas del día siguiente, con vientos que provienen principalmente del SSE, S y SSW, los que representan un 36,4 % del tiempo, con velocidades medias comprendidas entre 1,1 y 2,0 m/s. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 4,2 %.

En Septiembre, el período con régimen diurno se observa entre las 10 y 23 horas, donde predominan principalmente las direcciones NNW, N, NNE y NE, con velocidades medias comprendidas entre 1,2 y 4,1. El régimen nocturno con flujo valle abajo, comienza a disminuir, predomina entre las 23 y 09 horas del día siguiente, con flujo desde el SSE, S y SSW, los que representan un 16,6 % del tiempo, con velocidades medias comprendidas entre 1,2 y 1,4 m/s. Existe un gran número de días en que el viento no cambia de componente entre el día y la noche, predominando la dirección N y NNE, típico de los meses cálidos. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 6,5 % y ocurren entre las 21 y 09 horas del día siguiente.

1.5.5 Conclusiones y Recomendaciones

De las mediciones efectuadas en el Monitoreo Terrestre de Minera Candelaria en Tierra Amarilla, durante el tercer trimestre Julio - Septiembre 2007 se puede concluir lo siguiente:

- Las concentraciones de PM10 medidas en Estación Tierra Amarilla no exceden la norma de calidad de aire fijada en el Decreto 59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para promedios de 24 horas. El valor máximo de PM10 durante todo el período de monitoreo fue de $144 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- Las concentraciones de PM10 son un 13 % inferiores a las obtenidas en igual período en el año 2007. Se observa nuevamente, una disminución en el material particulado a partir del año 2006.
- El contenido de Arsénico que hay en las PM10 es similar al de los años 2001 a 2007 en igual período. Las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0,015 y 0,126 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, valores similares a los obtenidos en ciudades donde no hay fundiciones de cobre.
- El contenido de sílice libre que hay en las PM10 está muy por debajo de la norma de calidad de aire fijada para ambientes de trabajo en el Decreto 594 del Ministerio de Salud.
- El valor límite fijado por la OPS para polvo sedimentable fue sobrepasado durante un 100 % en Estación MINA y no se superó estación NANTOCO.
- Al igual que en los años 1999 a 2007, los contenidos de As, Cu, Fe y SiO_2 libre en el polvo sedimentable son bajos.

II. CAPÍTULO II: MONITOREO TERRESTRE CALDERA

2.1 Introducción

La Compañía Contractual Minera Candelaria se encuentra desarrollando un programa de monitoreo en el medio ambiente de Caldera, de acuerdo a compromisos adquiridos con la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA).

Minera Candelaria posee en Caldera el puerto de embarque de concentrado de cobre, el cual tiene las instalaciones modernas, con el fin de no contaminar el Medio Ambiente.

El programa de monitoreo terrestre consiste en medir material particulado respirable (PM10) y sedimentable (PS) y obtener parámetros meteorológicos, tales como la velocidad y dirección del viento y anualmente monitorear niveles de ruido.

2.2 Calidad del Aire y Meteorología

2.2.1 Puntos de Muestreo y Actividades Desarrolladas

2.2.1.1 Calidad de Aire

*** Material Particulado Respirable (PM10)**

En el centro de Caldera, en el techo del edificio de la Cuerpo de Bomberos se encuentra instalado un muestreador de gran volumen PM10, de características similares al utilizado en Tierra Amarilla.

Durante este tercer trimestre de monitoreo (Julio - Septiembre 2008) se acondicionaron los filtros antes y después del muestreo, en una sala con presión positiva, temperatura y humedad ambiente controlada.

Algunos de los filtros recolectados fueron enviados a análisis químico para determinar el contenido de Arsénico y SiO₂ libre.

*** Polvo Sedimentable (PS)**

En el recinto portuario de Minera Candelaria, al lado de la estación meteorológica, se encuentra instalado un colector de polvo sedimentable, el que es expuesto al aire ambiente durante treinta días.

El polvo recolectado del colector es sometido a análisis químico por As, Cu, Fe y SiO₂ libre.

2.2.1.2 Meteorología

En el puerto de embarque que Minera Candelaria posee en Caldera se encuentra instalada una estación meteorológica que mide velocidad y dirección del viento.

El monitoreo fue continuo y los datos almacenados en medio magnético (Data Logger).

2.2.2 Procedimiento de muestreo

Los procedimientos de muestreo utilizados para obtener los parámetros de calidad de aire y meteorología son los mismos que se utilizaron en Tierra Amarilla, y se encuentran descritos en el punto 1.5.2 del presente informe.

2.2.3 Resultados

2.2.3.1 Calidad del Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

En Tabla 2.2.1 se presentan los resultados de PM10 obtenidos en el tercer trimestre del año 2008.

En Anexo 2 se presentan los cálculos con los parámetros que permitieron obtener los resultados de la concentración de PM10 y en Anexo 1.2 los certificados de las muestras que fueron sometidas a análisis químico.

* Polvo Sedimentable

En Tabla 2.2.2 se presentan los resultados de las muestras de polvo sedimentable realizados en el puerto de embarque concentrado de cobre que posee Minera Candelaria en Caldera.

La Tabla muestra para el tercer trimestre del año, la concentración de polvo sedimentable y el contenido de As, Cu, Fe y SiO₂ libre. En Anexo 1.3 se presentan los certificados entregados por el laboratorio de las muestras que fueron sometidas a análisis químico.

TABLA 2.2.1

**RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM10)
Y SU CONTENIDO DE ARSÉNICO Y SÍLICE LIBRE
ESTACIÓN CALDERA
PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008**

FECHA	CONCENTRACIÓN	ARSÉNICO		SÍLICE LIBRE	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$
02-07-08	33	0.045	0.015		
05-07-08	23				
08-07-08	31			2.6	0.8
11-07-08	25				
14-07-08	15				
17-07-08	21	0.024	0.005		
20-07-08	29			2.5	0.7
23-07-08	17				
26-07-08	28				
29-07-08	30				
01-08-08	28				
04-08-08	16				
07-08-08	28			1.4	0.4
10-08-08	18	0.038	0.007		
13-08-08	23				
16-08-08	14				
19-08-08	23			3.8	0.9
22-08-08	32				
25-08-08	24				
28-08-08	57	0.009	0.005		
31-08-08	61				
03-09-08	15	0.023	0.003		
06-09-08	20				
09-09-08	23			2.7	0.6
12-09-08	28				
15-09-08	26				
18-09-08	51	0.009	0.005		
21-09-08	49			0.8	0.4
24-09-08	23				
27-09-08	21				
30-09-08	20				
PROMEDIO	27	0.025	0.007	2.3	0.6

TABLA 2.2.2

**RESULTADOS DE POLVO SEDIMENTABLE Y SU CONTENIDO
DE ARSÉNICO, COBRE, HIERRO Y SÍLICE LIBRE
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008

MES	POLVO SEDIMENTABLE mg/cm2/30 días	COMPOSICIÓN QUÍMICA POLVO SEDIMENTABLE (%)			
		ARSENICO	HIERRO	COBRE	SILICE LIBRE
JULIO	0.0460	0.007	15.56	0.61	4.66
AGOSTO	0.0710	0.003	7.40	0.26	2.02
SEPTIEMBRE	0.0565	<0.001	5.03	1.90	2.87
PROMEDIO	0.0578	<0.004	9.33	0.92	3.18

2.2.3.2 Variables Meteorológicas

Al igual que en Tierra Amarilla y mina Candelaria, se midió la velocidad y dirección del viento, con el fin de crear un archivo mensual de datos horarios y obtener el procesamiento estadístico.

En Tabla 2.2.3 se presenta el porcentaje de recuperación de datos horarios y en Tabla 2.2.4 se muestra un resumen de los valores medios mensuales de los parámetros medidos en Estación Caldera, instalada en el puerto de embarque de concentrado de cobre.

En figuras 2.2.1 y 2.2.2 se presentan los gráficos de los valores medios horarios de velocidad del viento (ciclo horario mensual) y la rosa mensual de direcciones del viento.

Por último, en Anexo 2 se presentan los valores horarios y el procesamiento estadístico de cada una de las variables medidas en la estación meteorológica de Caldera.

TABLA 2.2.3

**PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE DATOS HORARIOS
MONITOREO DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008

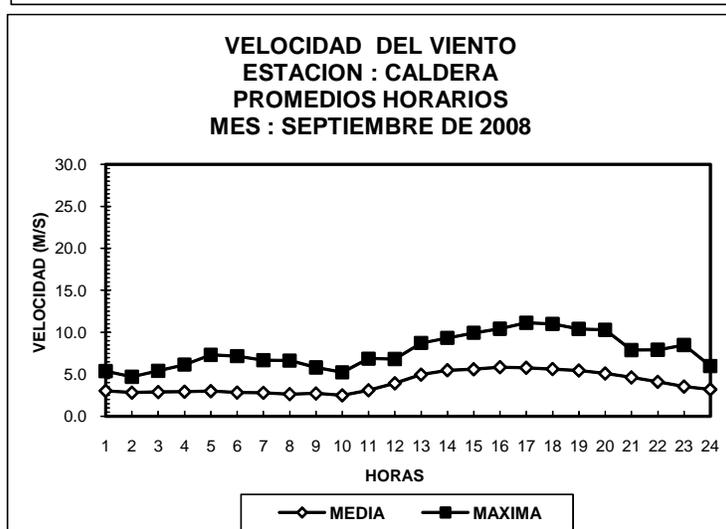
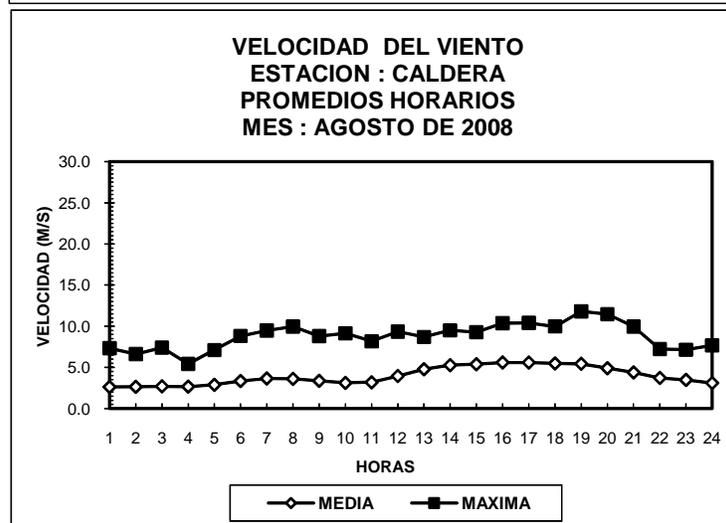
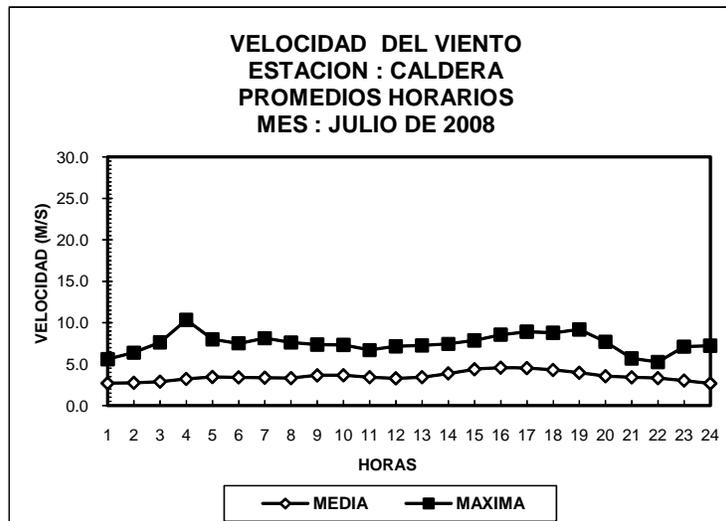
PARÁMETRO	MES		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento	100	100	100
Dirección del Viento	100	100	100
Desviación Estándar de la dirección	100	100	100

TABLA 2.2.4

**VALORES MEDIOS MENSUALES DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
MONITOREO TERRESTRE MINERA CANDELARIA
ESTACIÓN CALDERA**

PERIODO: JULIO - SEPTIEMBRE 2008

PARÁMETRO	MES		
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Velocidad del Viento (m/seg)	3.5	4.0	3.9
Dirección Predominante - Día	N, NNW, NW, WNW, W, WSW, SW	NNW, NW, WNW, W, WSW, SW	NNW, NW, WNW, W, WSW, SW
- Noche	SSW, S, SSE, SE, ESE NE, NNE, N	SSW, S, SE, ESE NNE, N	SSW, S, SSE, SE NNW, N



**FIGURA N ° 2.2.1
VELOCIDAD DEL VIENTO
ESTACION CALDERA
GRAFICOS DE VALORES MEDIOS HORARIOS PARA EL MES
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008**

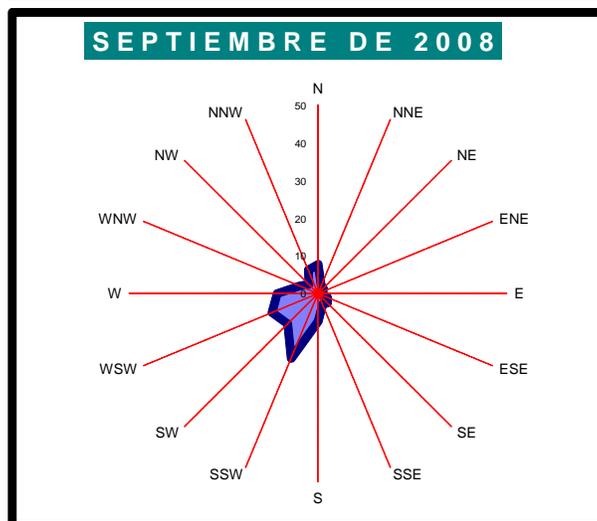
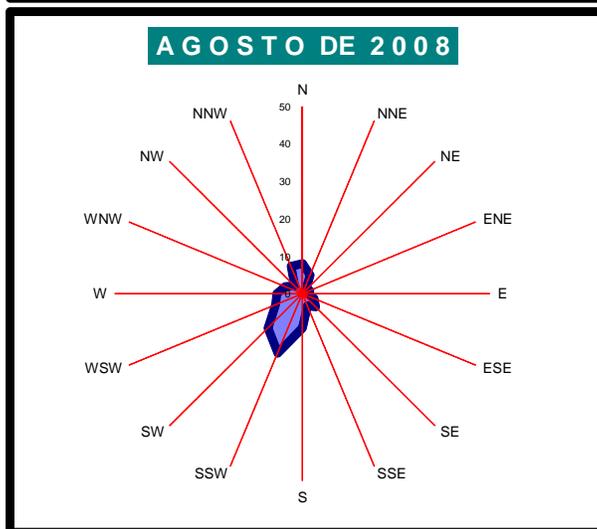
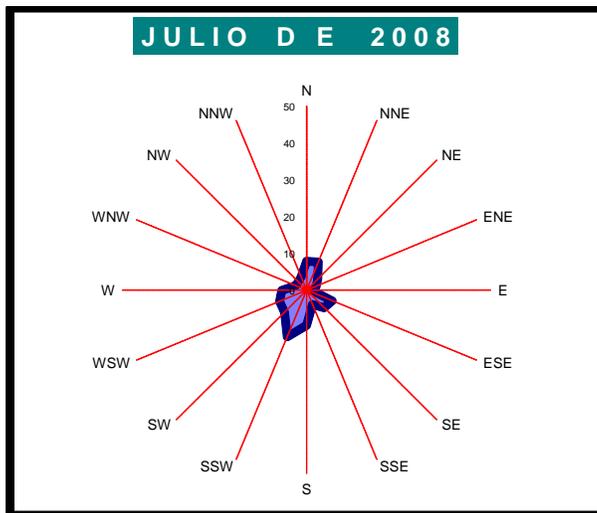


FIGURA N ° 2.2.2
ROSAS DE VIENTOS ACUMULADAS MENSUALES
ESTACION CALDERA
TRIMESTRE JULIO - SEPTIEMBRE DE 2008

2.2.4 Análisis de Resultados

2.2.4.1 Calidad de Aire

* Material Particulado Respirable (PM10)

Si se comparan los resultados de PM10 obtenidos en Estación Caldera con la norma de calidad de aire fijado por el Decreto 59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para promedio de 24 horas, podemos concluir que está muy lejos de ser alcanzada, más aún están cerca de la definición de atmósfera limpia dada por John H. Seinfeld, la que contiene alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas.

De Tabla 2.2.1 se puede inferir que las concentraciones medidas fluctuaron entre 14 y $61 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio para el trimestre de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

La composición química de las partículas tiene muy bajos contenidos de arsénico y sílice libre, lo que está indicando que no hay fuentes emisoras fijas importantes en la zona, que afecten la calidad del aire, en lo que respecta a estos elementos.

Las concentraciones de arsénico en las PM10 están comprendidas entre 0,003 y $0,015 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un promedio de $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y las de sílice libre fluctúan entre 0,4 y $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ con un promedio para el trimestre de $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

* Polvo sedimentable

Si comparamos la norma de la OPS sugerida para polvo sedimentable de $0,5 \text{ mg}/\text{cm}^2/30$ días, con las mediciones que se presentan en Tabla 2.2.2, podemos inferir que durante este tercer trimestre de 2008 estuvo lejos de ser alcanzada,

Por otra parte, de Tabla 2.2.2 se puede observar que la composición química de las partículas se mantiene dentro de los rangos observados en los trimestres anteriores, presentando algunas variaciones, las que dependen fundamentalmente de la cantidad de muestra recolectada.

2.2.4.2 Variables meteorológicas

Las velocidades medias van aumentando lentamente durante el período, junto con el alejamiento del período de invierno, dando comienzo a la primavera.

En Julio, se aprecia el comienzo de la brisa de mar a partir de las 12 horas, con direcciones N, NNW, WNW, W, WSW y SW, hasta las 18 horas. Durante la noche, a partir de las 19 horas las direcciones predominantes son SSW, S, SSE, SE y ESE hasta las 11 horas. Se observa algunos días viento del N, NNE y NE desde las 03 a 13 h. La brisa de mar alcanza velocidades medias de 3,3 a 4,6 m/s entre las 12 y las 20 horas. Durante la noche, las velocidades medias fluctúan entre 2,7 a 3,7 m/s. El valor máximo horario alcanza los 10,3 m/s. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 1,5 %.

En Agosto, la brisa de mar comienza cerca de las 11 horas, con direcciones N, NNW, WNW, W, WSW y SW, hasta las 19 horas. En la noche, a partir de las 19 horas, la dirección predominante fue SSW, S, SSE y SE hasta las 09 horas del día siguiente. Al igual que en el mes de julio, se observa algunos días viento del N y NNE desde las 03 a 11 h. Las velocidades medias son superiores a las del mes anterior, alcanzando valores medios horarios sobre 5 m/s, entre las 13 y 20 h, donde predomina la brisa del mar. El valor máximo horario observado alcanzó los 11,8 m/s. No se registraron calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s.

En Septiembre, la brisa de mar se observa desde las 10 horas, con direcciones del NNW, NW, WNW, W, WSW y SW, hasta rotar a dirección SSW a partir de las 20 horas. Durante la noche, las direcciones predominantes son SW, SSW, S, SSE y SE. Al igual que en los meses anteriores, se observa durante el período nocturno, comprendido entre las 04 y 11 h, un número importante de horas con viento del N. Las velocidades medias alcanzan valores medios sobre 5,0 m/s entre las 13 y 20 horas. El valor máximo horario observado alcanza los 11,1 m/s. El porcentaje de calmas, o sea viento inferior a 0,5 m/s, fue de 0,3 %.

2.2.5 Conclusiones y Recomendaciones

De las mediciones realizadas en el Monitoreo Terrestre de Caldera, se puede concluir:

- Las concentraciones de PM10 medidas en Caldera, al igual que en años anteriores, están muy por debajo de la norma de calidad fijada en el Decreto 59 del Ministerio Secretaría General de la República.
- Los contenidos de Arsénico y SiO₂ libre en los PM10 son bajos y muy semejantes a valores medidos en otros lugares del país, donde la presencia de contaminantes es baja.
- No se observan fuentes emisoras de material particulado importantes.
- Durante este tercer trimestre del año 2008, al igual que en los trimestres anteriores, no se sobrepasó el valor de referencia de calidad de aire sugerida por la OPS para polvo sedimentable.