

INFORME DE RESULTADOS

ATM 72B/10

***MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LAS EMISIONES
ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DEL
PROYECTO PUERTO CASTILLA***

Preparado por:

Algoritmos →



Para:



Octubre, 2010

ATM 72B/10

**“MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LAS
EMISIONES ATMOSFERICAS PROVENIENTES DEL
PROYECTO PUERTO CASTILLA”**

Preparado Para:



Versión del Documento				1	
<i>Responsable Elaboración</i>		<i>Responsable Revisión</i>		<i>Responsable Aprobación</i>	
Nombre:	Javier Mancilla M.	Nombre:	Carolina Muñoz Z.	Nombre:	Claudio Seguel O.
Cargo:	Especialista Modelación Atmosférica	Cargo:	Jefe Área Modelación	Cargo:	Gerente General
Fecha:	27-10-10	Fecha:	27-10-10	Fecha:	27-10-10
Firma:		Firma:		Firma:	

Octubre, 2010

INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	7
2	Marco Legal	9
3	Línea de Base	10
4	Meteorología Imperante en la Zona de Estudio	11
4.1	Campos de Viento	13
4.2	Temperatura	18
4.3	Radiación Solar	19
4.4	Humedad Relativa	20
5	Estimación de Emisiones del Proyecto	21
5.1	Actividades Emisoras de MP ₁₀ y MPS	21
5.2	Método de Cálculo	24
5.3	Factores de Emisión de MP ₁₀ y MPS	24
5.4	Nivel de actividad	31
5.4.1	Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"	31
5.4.2	Etapa de Operación Proyecto "Puerto Castilla"	31
5.4.3	Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	36
5.4.4	Etapa de Operación Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	37
5.4.5	Etapa de Operación Proyecto Calchile	38
5.5	Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS resultantes de las fuentes fugitivas del Proyecto	38
6	Fuentes Emisoras Consideradas en la Modelación	44
6.1	Características Físicas y Emisiones de Fuentes Puntuales	45
6.1.1	Central Termoeléctrica Castilla	45
6.1.2	CalChile	46
7	Descripción del Modelo Utilizado	47
7.1	Base Teórica	47
7.2	Modelo utilizado en el estudio	47
7.3	Variables de Entrada al Sistema de Modelación	48
8	Resultados de la Modelación	51
8.1	Campos de Viento	51
8.2	Aportes Obtenidos en la Modelación	56
8.3	Ubicación Puntos de Máximo Impacto	61
8.4	Análisis de Cumplimiento de Normativa Ambiental	65
8.5	Mapas de Isoconcentraciones	67
9	Conclusiones	72

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1	Coordenadas vértices del área de modelación del Proyecto	7
Tabla Nº 2	Norma de Calidad del Aire Considerada en el Estudio	9
Tabla Nº 3	Norma de Calidad del Aire Considerada en el Estudio	9
Tabla Nº 4	Línea de Base de Calidad del Aire Presente en el Entorno del Proyecto ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).....	10
Tabla Nº 5	Localización Estaciones Meteorológicas	11
Tabla Nº 6	Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"	22
Tabla Nº 7	Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS Etapa de Operación Proyecto "Puerto Castilla"	22
Tabla Nº 8	Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	23
Tabla Nº 9	Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS Etapa de Operación Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	23
Tabla Nº 10	Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS Etapa de Operación Proyecto "CalChile"	23
Tabla Nº 11	Factores de Emisión para MP_{10} y MPS Considerados en el Cálculo.....	25
Tabla Nº 12	Valores Considerados en los Factores de Emisión Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"	26
Tabla Nº 13	Valores Considerados en los Factores de Emisión Etapa de Operación Proyecto "Puerto Castilla"	27
Tabla Nº 14	Valores Considerados en los Factores de Emisión Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla".....	28
Tabla Nº 15	Valores Considerados en los Factores de Emisión Etapa de Operación Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	29
Tabla Nº 16	Valores Considerados en los Factores de Emisión Etapa de Operación Proyecto "CalChile"	30
Tabla Nº 17	Nivel de Actividad Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"	31
Tabla Nº 18	Tasas de Carga y Descarga Proyecto Puerto Castilla Situación Máximas Diarias	32
Tabla Nº 19	Tasas de Carga y Descarga Proyecto Puerto Castilla Situación Promedios Anuales.....	32
Tabla Nº 20	Número de viajes (ida y vuelta) al día.....	33
Tabla Nº 21	Peso promedio vehículos que circulan por caminos con y sin pavimentar	34
Tabla Nº 22	Distancia recorrida por viaje desagregada por tipo de carpeta (Km.)	34
Tabla Nº 23	Superficies Expuestas a Erosión Eólica en canchas de acopio.....	35
Tabla Nº 24	Superficies Expuestas a Erosión Eólica en tolva de camiones	35
Tabla Nº 25	Medidas de mitigación consideradas en el Proyecto.....	36
Tabla Nº 26	Nivel de Actividad Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"	36

Tabla Nº 27 Nivel de Actividad Etapa de Construcción Proyecto "CalChile"	38
Tabla Nº 28 Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS Etapa de Construcción Puerto Castilla (Kg/día)	39
Tabla Nº 29 Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS Etapa de Operación Puerto Castilla (kg/día)	40
Tabla Nº 30 Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS Etapa de Construcción Central Termoeléctrica Castilla (kg/día)	41
Tabla Nº 31 Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS Etapa de Operación Central Termoeléctrica Castilla (kg/día)	42
Tabla Nº 32 Tasas de Emisión de MP ₁₀ y MPS Etapa de Operación CalChile (kg/día)	43
Tabla Nº 33 Características Físicas y Emisiones Atmosféricas Asociadas a Cada Tipo de Fuente de la Central Termoeléctrica Castilla	45
Tabla Nº 34 Características Físicas y Emisiones Atmosféricas Asociadas a Cada Tipo de Fuente Proyecto CalChile	46
Tabla Nº 35 Localización Puntos Discretos	50
Tabla Nº 36 Aportes de MP ₁₀ del Proyecto en Puntos de Interés (Zona Poblada) (µg/m ³ N).....	56
Tabla Nº 37 Aportes de MP ₁₀ del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto (Zona Despoblada) (µg/m ³)	57
Tabla Nº 38 Aporte Desagregado de MP ₁₀ en Puntos de Interés (µg/m ³ N).....	58
Tabla Nº 39 Aportes de MP ₁₀ del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en el Mar (µg/m ³)	59
Tabla Nº 40 Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto (Zona Poblada) (mg/m ² -día)	59
Tabla Nº 41 Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en Zona Despoblada (mg/m ² -día)	60
Tabla Nº 42 Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en el Mar (mg/m ² -día)	60
Tabla Nº 43 Ubicación Punto de Máximo Impacto de MP ₁₀ en Zona Despoblada	61
Tabla Nº 44 Ubicación Punto de Máximo Impacto de MP ₁₀ en el Mar	61
Tabla Nº 45 Ubicación Punto de Máximo Impacto de MPS en Zona Despoblada	62
Tabla Nº 46 Ubicación Punto de Máximo Impacto de MPS en el Mar.....	62
Tabla Nº 47 Análisis del Cumplimiento de la Normativa Vigente MP ₁₀ (µg/m ³ N) Puntos de Interés (Zona Poblada)	65
Tabla Nº 48 Análisis del Cumplimiento de la Normativa Vigente MP ₁₀ (µg/m ³ N) Punto Máximo Impacto (Zona Despoblada).....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Área de Influencia del Proyecto	8
Figura N° 2 Ubicación Estaciones Meteorológicas	12
Figura N° 3 Rosa de Viento por Período, Estación Meteorológica Completa y Estación Meteorológica Pajonales	13
Figura N° 4 Rosa de Viento Según Período del día, Estación Meteorológica Completa	14
Figura N° 5 Ciclo Diario de Velocidad del Viento, Estación Meteorológica Completa	15
Figura N° 6 Rosa de Viento Según Período del día, Estación Meteorológica Pajonales	16
Figura N° 7 Ciclo Diario de Velocidad del Viento, Estación Meteorológica Pajonales	17
Figura N° 8 Ciclo Diario de Temperatura, Estación Meteorológica Completa	18
Figura N° 9 Ciclo Diario Radiación Solar, Estación Meteorológica Completa	19
Figura N° 10 Ciclo Diario Humedad Relativa, Estación Meteorológica Completa.....	20
Figura N° 11 Topografía del área de modelación	49
Figura N° 12 Campos de viento a las 06:00 horas.....	52
Figura N° 13 Campos de viento a las 12:00 horas.....	53
Figura N° 14 Campos de viento a las 18:00 horas.....	54
Figura N° 15 Campos de viento a las 00:00 horas.....	55
Figura N° 16 Ubicación Puntos de Máximo Impacto MP ₁₀ (Zona Despoblada).....	63
Figura N° 17 Ubicación Puntos de Máximo Impacto MP ₁₀ (Mar)	64
Figura N° 18 Concentración Promedio del Periodo de MP ₁₀ en Punto de Máximo Impacto.....	68
Figura N° 19 Percentil 98 Promedio Diario de MP ₁₀ en Punto de Máximo Impacto.....	69
Figura N° 20 Media Mensual MPS en Punto de Máximo Impacto	70
Figura N° 21 Media Anual MPS en Punto de Máximo Impacto.....	71

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I	73
---------------	----

1 Introducción

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos de la modelación de la dispersión atmosférica de las concentraciones de material particulado respirable MP_{10} y material particulado sedimentable MPS proveniente del proyecto "Puerto Castilla" en conjunto con los proyectos "Central Termoeléctrica Castilla" y "CalChile", los cuales se instalarán en la zona de estudio, conforme a distintos escenarios solicitados por las autoridades.

El área de influencia considerada en la modelación correspondió a una zona rectangular de 45 x 51 Km^2 . ubicada en la Región de Atacama, en cuyo interior se encuentran ubicados los Proyecto y localidades cercanas consideradas de interés, cuya distribución espacial se presenta en la Figura N° 1.

La Tabla N° 1 muestra las coordenadas que representan los vértices del área a modelar, las cuales se encuentran en Datum WGS-84.

Tabla N° 1
Coordenadas vértices del área de modelación del Proyecto

Vértice	Coordenadas UTM	
	Norte (m)	Este (m)
Noreste	6.960.000	335.000
Noroeste	6.960.000	290.000
Suroeste	6.909.000	290.000
Sureste	6.909.000	335.000

Fuente: Elaboración Propia.

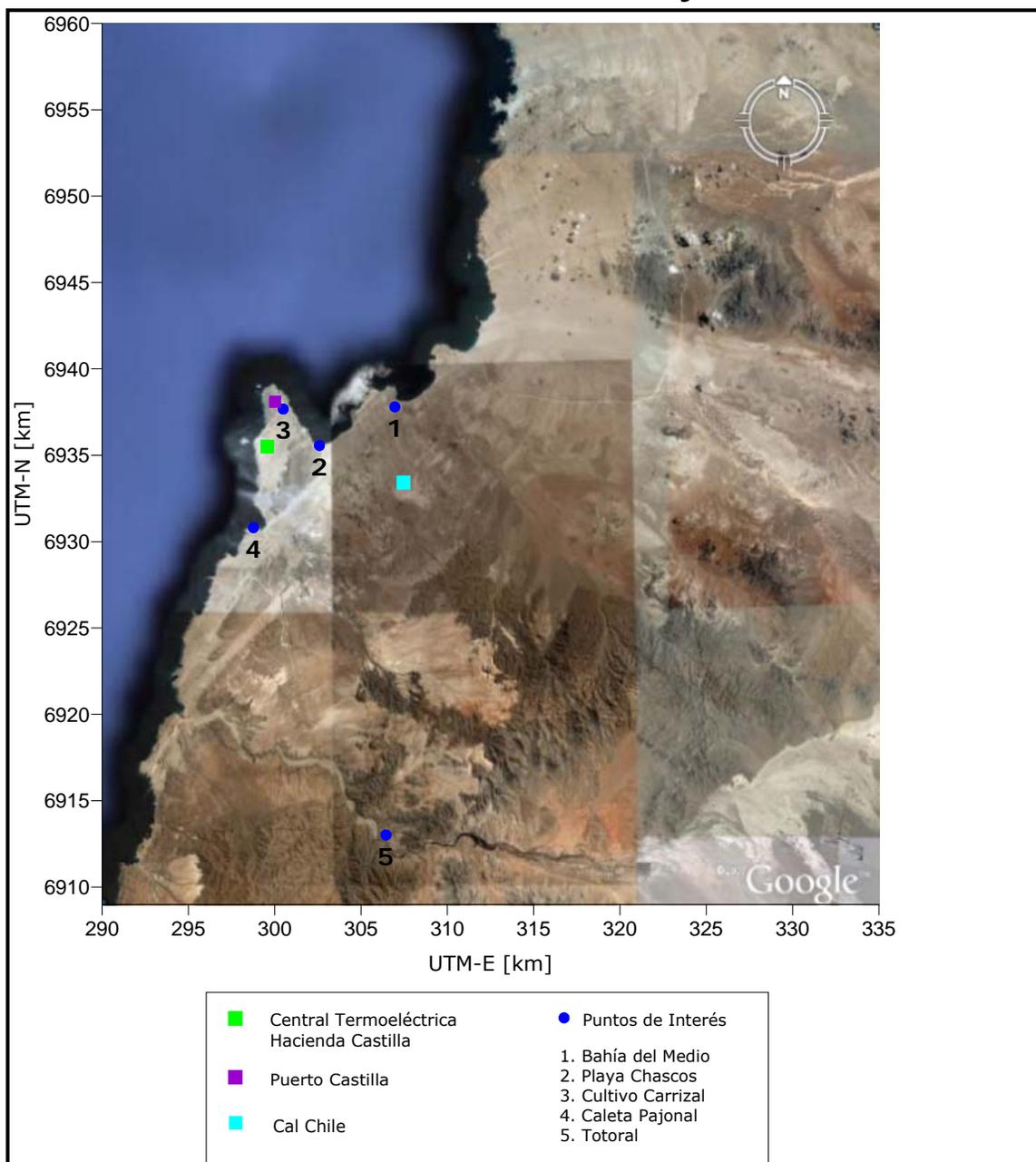
La simulación de los contaminantes asociados a cada Proyecto fue modelado mediante la aplicación del sistema de modelación atmosférica "CALMET – CALPUFF" definido por la agencia EPA como sistema de referencia para simular la dispersión de emisiones provenientes de complejos industriales ubicados en terreno complejo.

La meteorología utilizada en la modelación correspondió a la medida en la Estación Meteorológica Completa y Estación Meteorológica Pajonales, en el periodo Octubre 2007 - Septiembre 2008.

Al interior del área de influencia se considera que se producirán las máximas concentraciones de material particulado respirable MP_{10} y material particulado sedimentable MPS producto de la estimación conservadora de emisiones generadas por cada Proyecto.

Los resultados obtenidos en las modelaciones son presentados a través de Tablas y Mapas de Isolíneas, indicando así la distribución espacial de los impactos previstos por los Proyectos en el área de modelación, de acuerdo a los distintos escenarios propuesto por las autoridades.

Figura N° 1
Área de Influencia del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia.

2 Marco Legal

Para evaluar el nivel de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al Proyecto se consideró la norma primaria de calidad del aire vigente para material particulado respirable MP_{10} .

La Tabla N° 2, muestra los valores límites establecidos por tipo de estadístico para material particulado MP_{10} .

Tabla N° 2
Norma de Calidad del Aire Considerada en el Estudio

Parámetro	Estadístico	Valor ($\mu g/m^3 N$)	Referencia
MP_{10}	Promedio del periodo	50	D.S. 45/02 MINSEGPRES
	Percentil 98 promedio diario	150	D.S. 59/98 MINSEGPRES

Para evaluar el nivel de cumplimiento de la normativa ambiental para el material particulado sedimentable (MPS), se ha considerado como referencia la "Norma de Calidad del Aire Material Particulado Sedimentable en la Cuenca del Río Huasco III Región", la cual establece los siguientes valores límites permisibles:

Tabla N° 3
Norma de Calidad del Aire Considerada en el Estudio

Parámetro	Estadístico	Valor (mg/m^2 -día)	Referencia
MPS	Promedio del Periodo	100	Decreto N° 4 Exento
	Promedio Mensual	150	Decreto N° 4 Exento

3 Línea de Base

Para caracterizar la Línea de Base de Calidad del Aire imperante en el área de influencia del Proyecto, se consideró las mediciones de MP₁₀ monitoreadas durante el período Octubre 2007 – Septiembre 2008 en el entorno del Proyecto, tal como se presentan en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4
Línea de Base de Calidad del Aire
Presente en el Entorno del Proyecto ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

<i>Parámetro</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor medido</i>	<i>Norma</i>	<i>% Norma</i>
MP ₁₀	Promedio del período	25	50	50
	Percentil 98 promedio diario	53	150	35

Fuente: Proporcionado por OMX

De la Tabla anterior se desprende que las concentraciones de material particulado registradas en el entorno del Proyecto, tanto para el promedio del periodo como para el percentil 98 promedio diario no superan el 80% de los valores límites establecidos por la normativa ambiental vigente.

Cabe señalar, que el análisis de la línea de base respecto de la normativa es sólo referencial para el promedio del periodo, puesto que no se cuenta con el periodo requerido por la normativa (promedio aritmético 3 años consecutivos).

4 Meteorología Imperante en la Zona de Estudio

Las variables meteorológicas monitoreadas y de mayor incidencia en la dispersión de las emisiones atmosféricas del Proyecto corresponden a:

- Velocidad y dirección del viento
- Temperatura ambiental
- Radiación Solar
- Humedad Relativa

Dichas variables fueron monitoreadas en la Estación Meteorológica Completa y en la Estación Pajonales.

La localización de las estaciones meteorológicas mencionadas anteriormente se presenta en la Figura N° 2^o 2, mientras que en la Tabla N° 5 se señalan sus coordenadas.

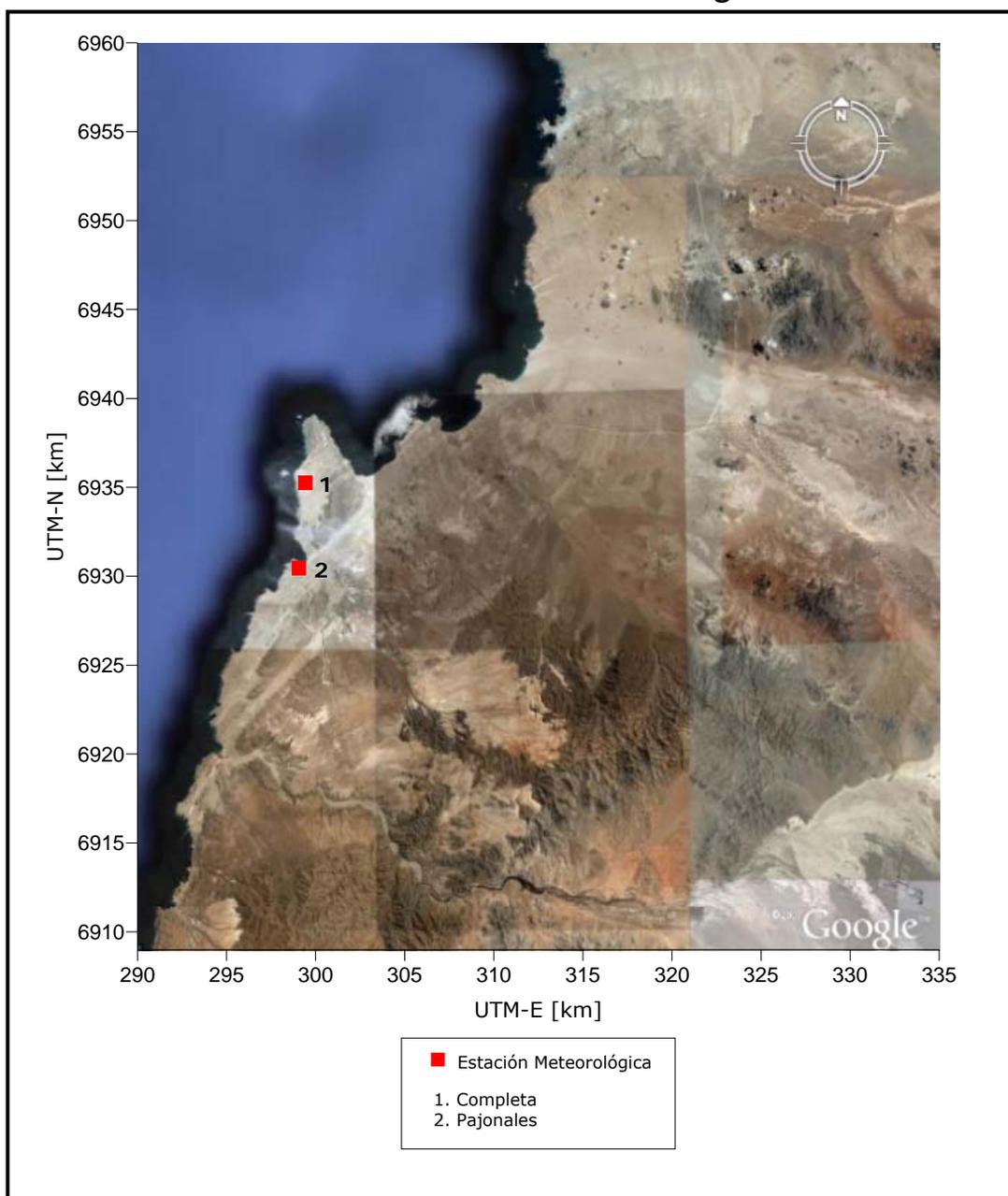
Tabla N° 5
Localización Estaciones Meteorológicas

<i>Estación de monitoreo</i>	<i>Coordenadas UTM^a</i>	
	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>
Meteorológica Completa	299.420	6.935.260
Meteorológica Pajonales	299.058	6.930.459

Fuente: Proporcionado por OMX

^a Datum de Referencia WGS-84

Figura N° 2
Ubicación Estaciones Meteorológicas



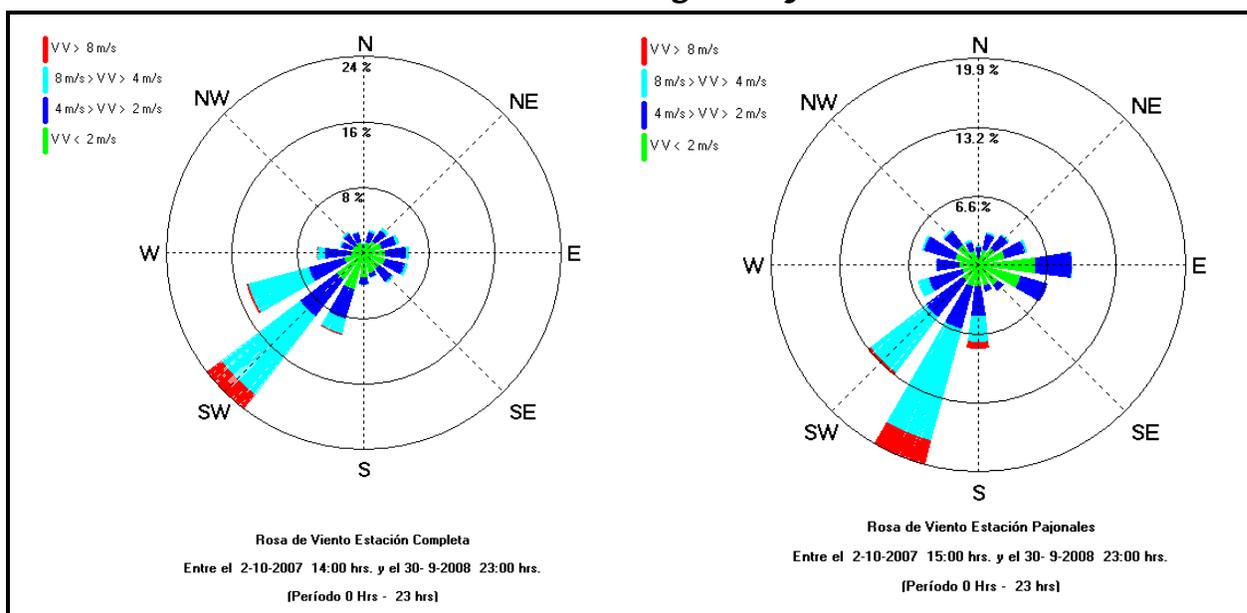
Fuente: Elaboración Propia.

En las siguientes secciones se presenta un breve análisis de las variables meteorológicas antes descritas.

4.1 Campos de Viento

La Figura N° 3° 3 presenta los campos de viento representativos del período Octubre 2007 - Septiembre 2008, monitoreados en la Estación Meteorológica Completa y Estación Meteorológica Pajonales.

Figura N° 3
Rosa de Viento por Período, Estación Meteorológica Completa y Estación Meteorológica Pajonales



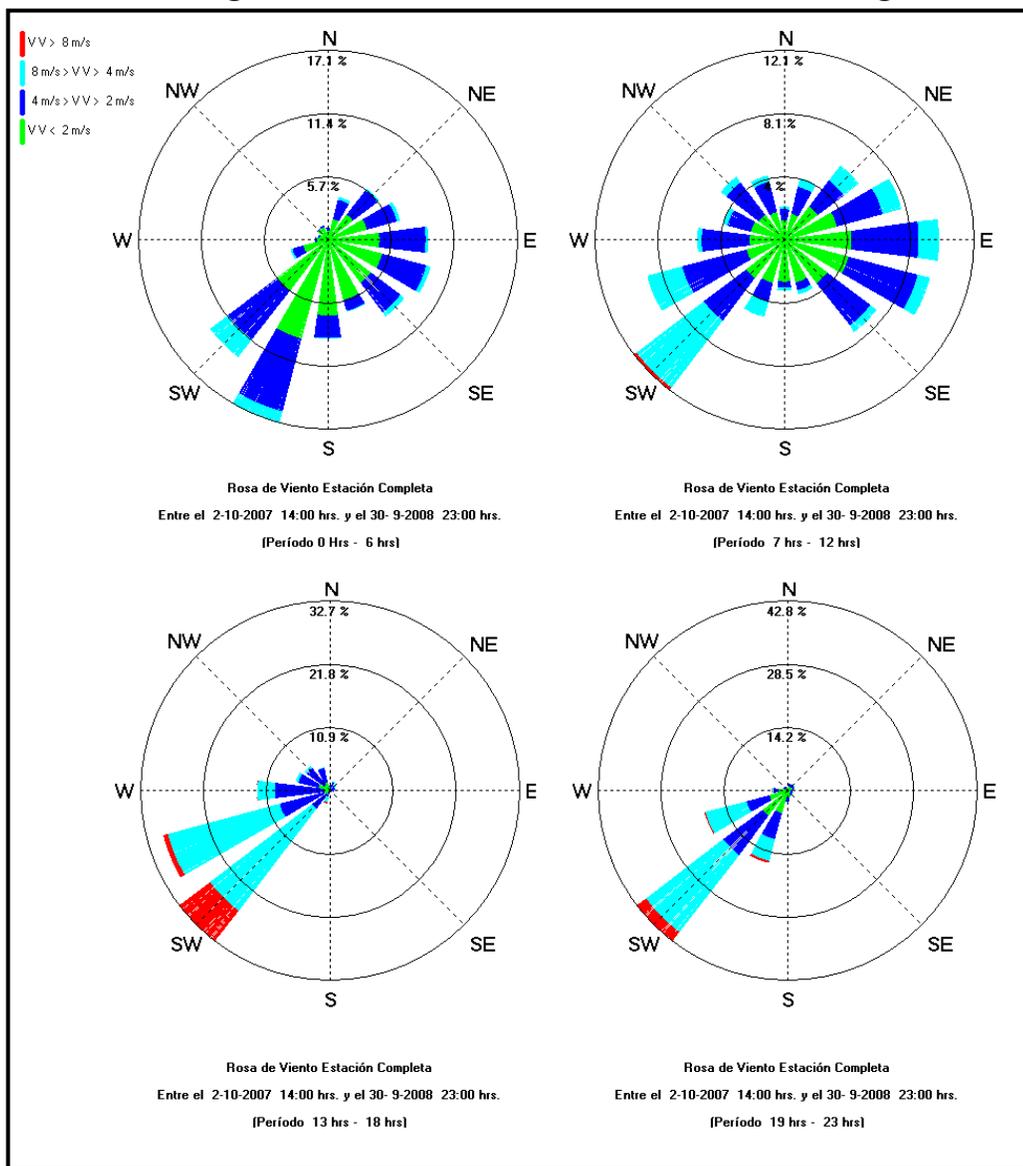
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura N° 3 se desprende que durante el periodo monitoreado en la estación Completa, la componente de viento predominante tiene dirección suroeste (SW) con intensidades de moderadas a intensas.

Por otra parte, en estación Pajonales, se presenta una leve desviación de los vientos hacia el sur suroeste (SSW), producto de la influencia topográfica de la península.

La Figura N° 4 presenta los campos de viento representativos de cada período del día, monitoreados en la Estación Meteorológica Completa.

Figura N° 4
Rosa de Viento Según Período del día, Estación Meteorológica Completa



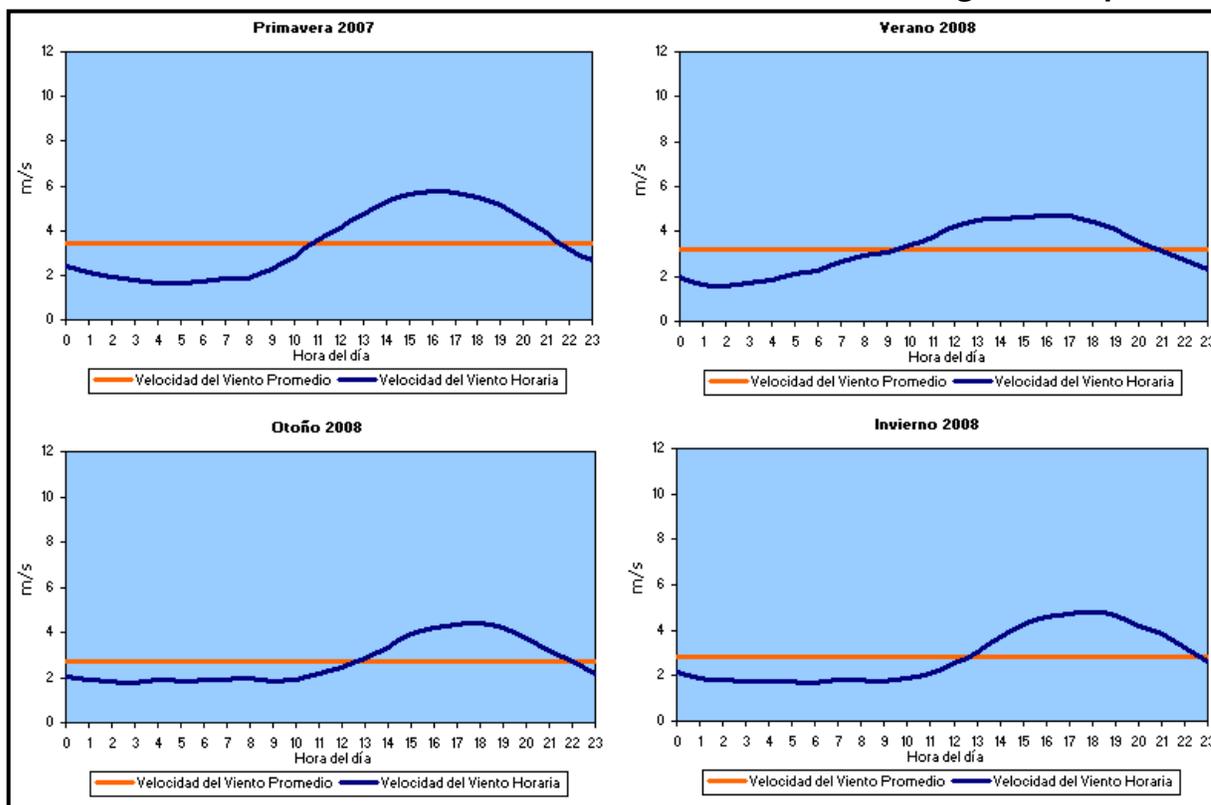
Fuente: Elaboración Propia.

De lo expuesto en la Figura anterior se desprende que entre las 00:00 y las 06:00 horas, la componente de viento predominante en la zona tiene dirección sur suroeste (SSW) con intensidad de leve a moderada. Entre las 07:00 y las 12:00 horas los campos de viento provienen predominantemente desde el suroeste (SW) con intensidad de moderada a intensa y en menor medida desde el Este (E) con intensidades que varían de leve a moderada.

A partir de las 13:00 horas los campos de viento predominantes tienen una componente suroeste (SW) con intensidad alta, situación que se mantiene hasta las 23:00 horas.

En la Figura N° 5 se presenta el ciclo diario por estación del año de la velocidad de viento medida en la zona durante el período considerado en el estudio.

Figura N° 5
Ciclo Diario de Velocidad del Viento, Estación Meteorológica Completa

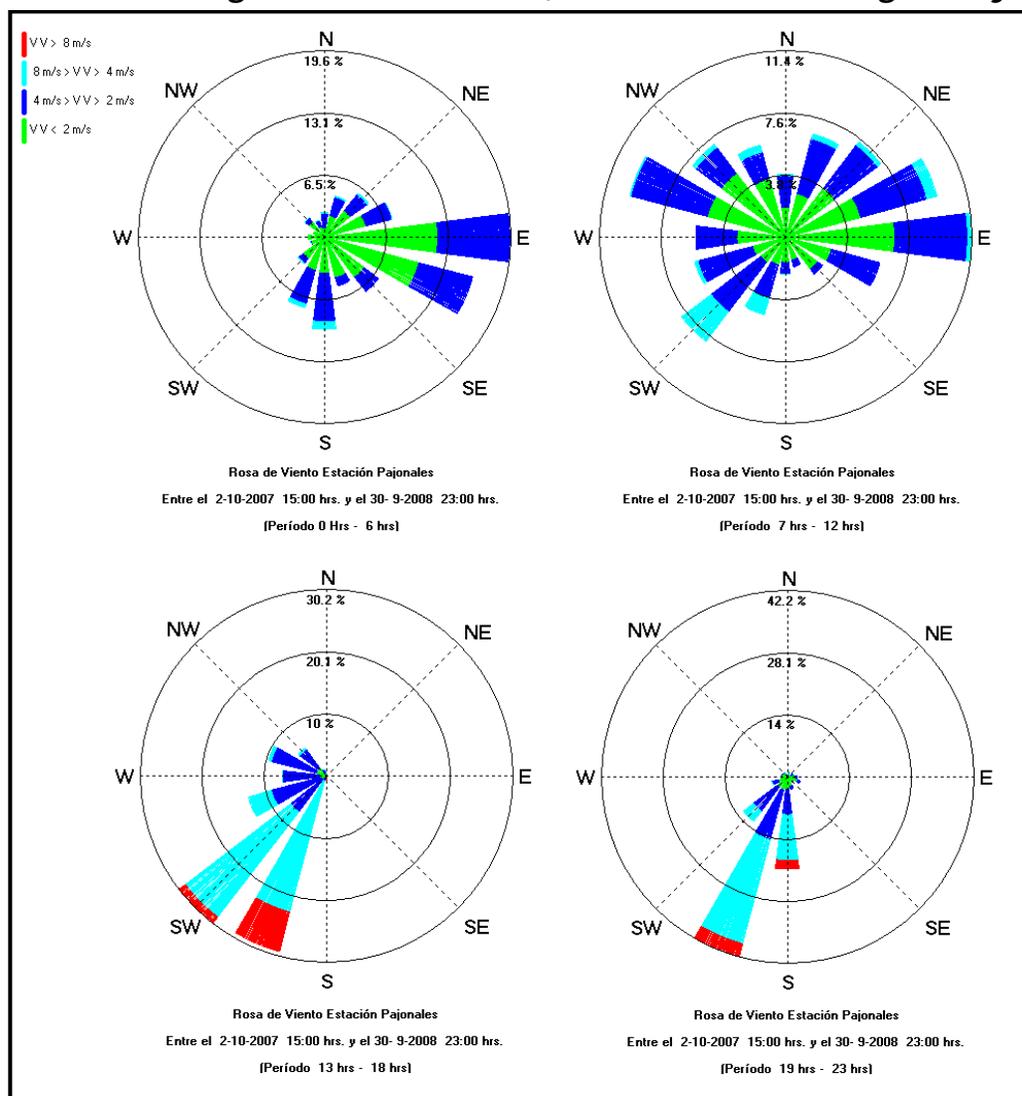


Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura anterior, se desprende que los meses de primavera presentan las velocidades más altas, con valores promedio horario que alcanzan los 5,7 m/s y los meses de verano los que presentan velocidades más bajas, con valores promedio horario cercanos a los 1,6 m/s. Se observa además que las máximas velocidades se registran en horas de la tarde entre las 15:00 y 17:00 horas. Por otra parte, en el período del amanecer se registran los vientos más débiles, con velocidades que no sobrepasan los 2 m/s.

La Figura N° 6 presenta los campos de viento representativos de cada período del día, monitoreados en la Estación Meteorológica Pajonales.

Figura N° 6
Rosa de Viento Según Período del día, Estación Meteorológica Pajonales



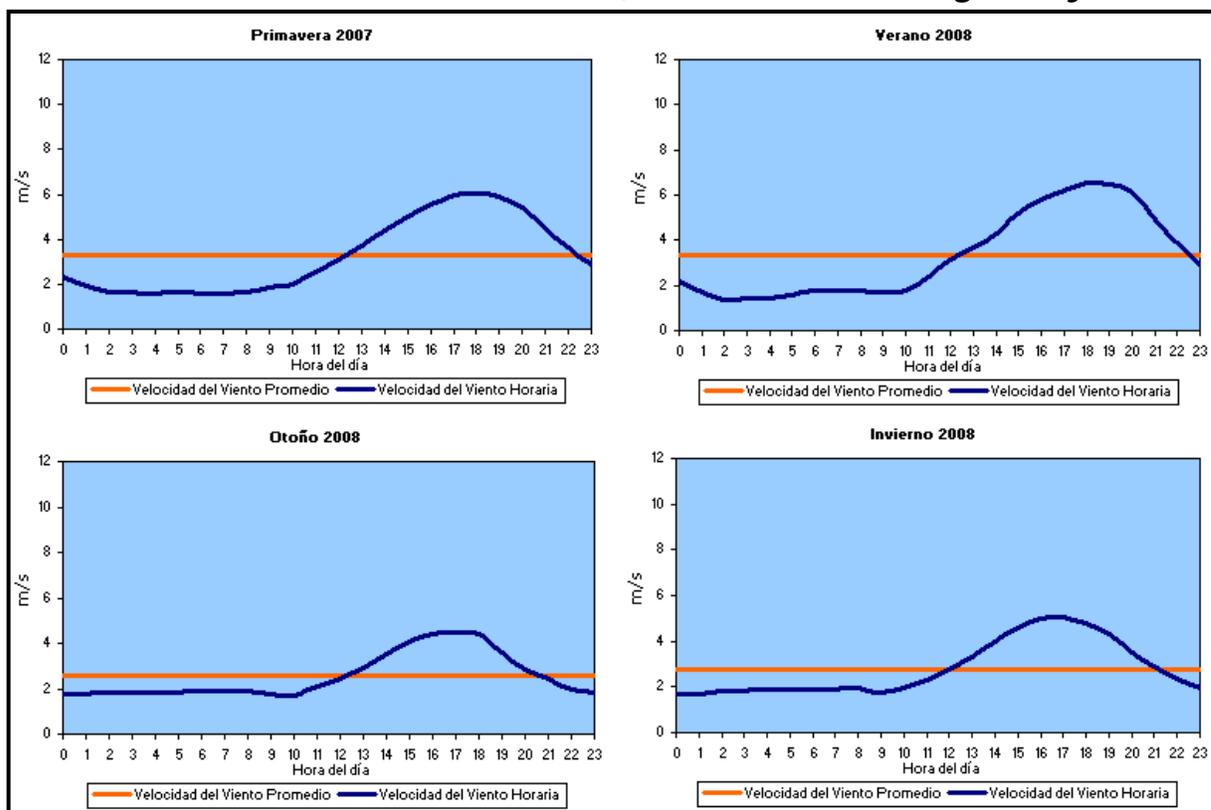
Fuente: Elaboración Propia.

De lo expuesto en la Figura anterior se desprende que entre las 00:00 y las 06:00 horas, la componente de viento predominante en la zona tiene dirección Este (E) con intensidad leve. Entre las 07:00 y las 12:00 horas los campos de viento provienen predominantemente desde el este (E) con intensidad de leve a moderada y en menor medida desde oeste noroeste (WNW) con intensidades que varían de leve a moderada.

A partir de las 13:00 horas hasta las 18:00 los campos de viento predominante tienen una componente suroeste (SW) con intensidad moderada a alta, situación que cambia a sur suroeste (SSW) desde las 19:00 hrs. hasta las 23:00 horas con intensidades que varían de moderada a altas.

En la Figura N° 7 se presenta el ciclo diario por estación del año de la velocidad de viento medida en la zona durante el período considerado en el estudio.

Figura N° 7
Ciclo Diario de Velocidad del Viento, Estación Meteorológica Pajonales



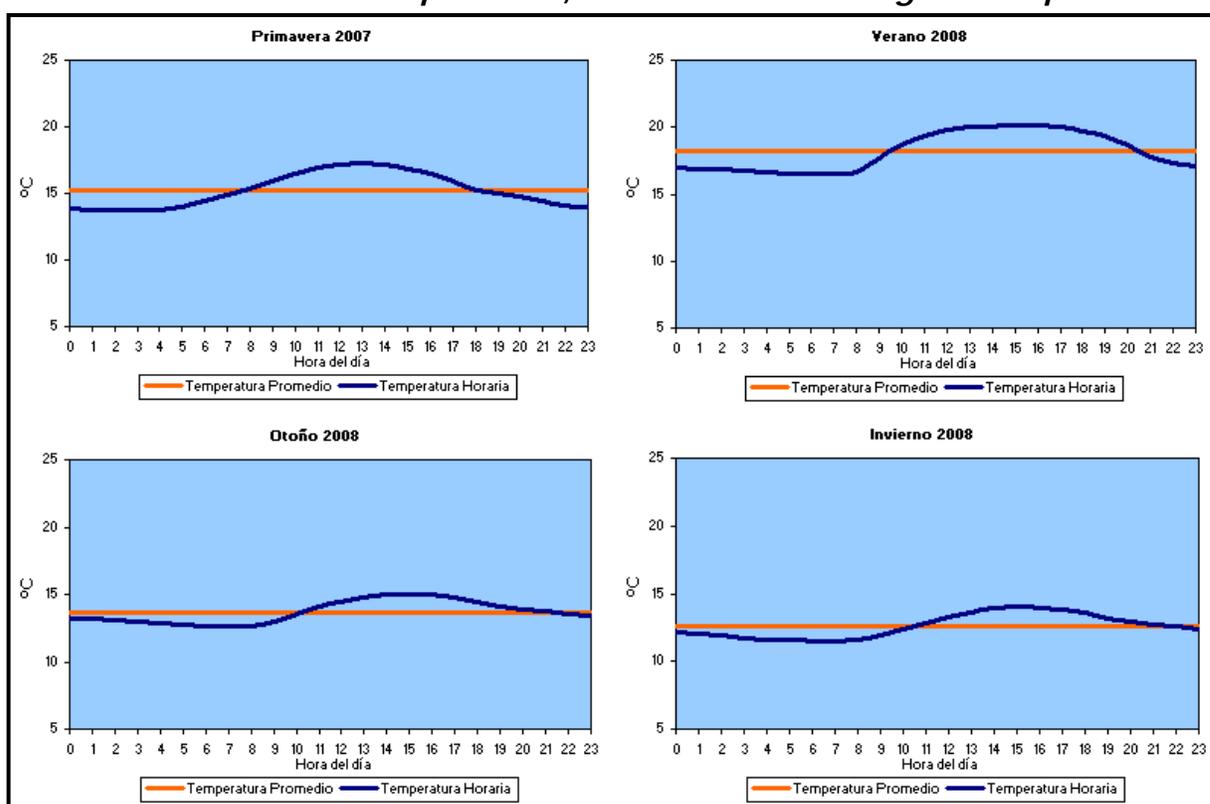
Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura anterior, se desprende que los meses de verano presentan las velocidades más altas y las más bajas, con valores máximos promedio horario que alcanzan los 6,5 m/s y mínimos que alcanzan los 1,4 m/s. Se observa además que las máximas velocidades se registran en horas de la tarde entre las 16:00 y 19:00 horas. Por otra parte, en el período del amanecer se registran los vientos más débiles, con velocidades que no sobrepasan los 2 m/s.

4.2 Temperatura

La Figura N° 8 muestra el ciclo diario de la temperatura ambiental imperante en la zona por estación del año. Se observa que durante las horas de la tarde las temperaturas aumentan presentando máximos entre las 13:00 y 15:00 horas, alcanzando un valor promedio horario de 20,1 °C, en el verano; mientras que las temperaturas mínimas se presentan durante el invierno entre las 05:00 y las 07:00 de la mañana, alcanzando los 11,5 °C aproximadamente.

Figura N° 8
Ciclo Diario de Temperatura, Estación Meteorológica Completa



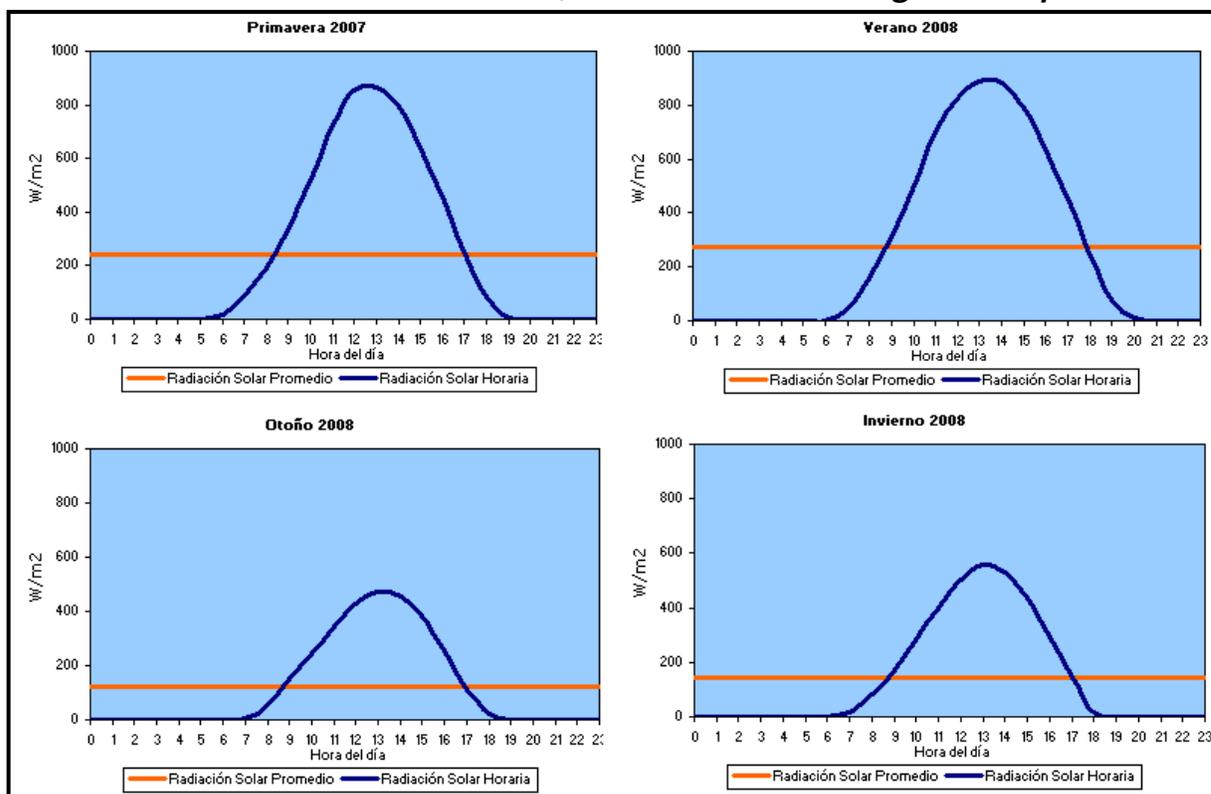
Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Radiación Solar

La Figura N° 9 presenta el comportamiento horario de la radiación solar medida en el periodo considerado en el análisis. Se observa que durante el verano se produce la mayor radiación solar incidente entre las 12:00 y 14:00 horas, llegando a alcanzar un promedio horario de 885,6 W/m². Los registros de radiación solar promediaron los 122,3 W/m² y los 271,5 W/m², siendo los meses de otoño los que presentan los menores valores.

Por otra parte, según se observa en la Figura N° 9, en la zona de Punta Cachos el amanecer se produce entre las 06:00 y 07:00 de la mañana, mientras que el ocaso se produce entre las 19:00 y 20:00 horas dependiendo de la estación del año. Lo anterior se debe a que la zona corresponde a un sector costero sin interferencias naturales que adelanten el ocaso.

Figura N° 9
Ciclo Diario Radiación Solar, Estación Meteorológica Completa



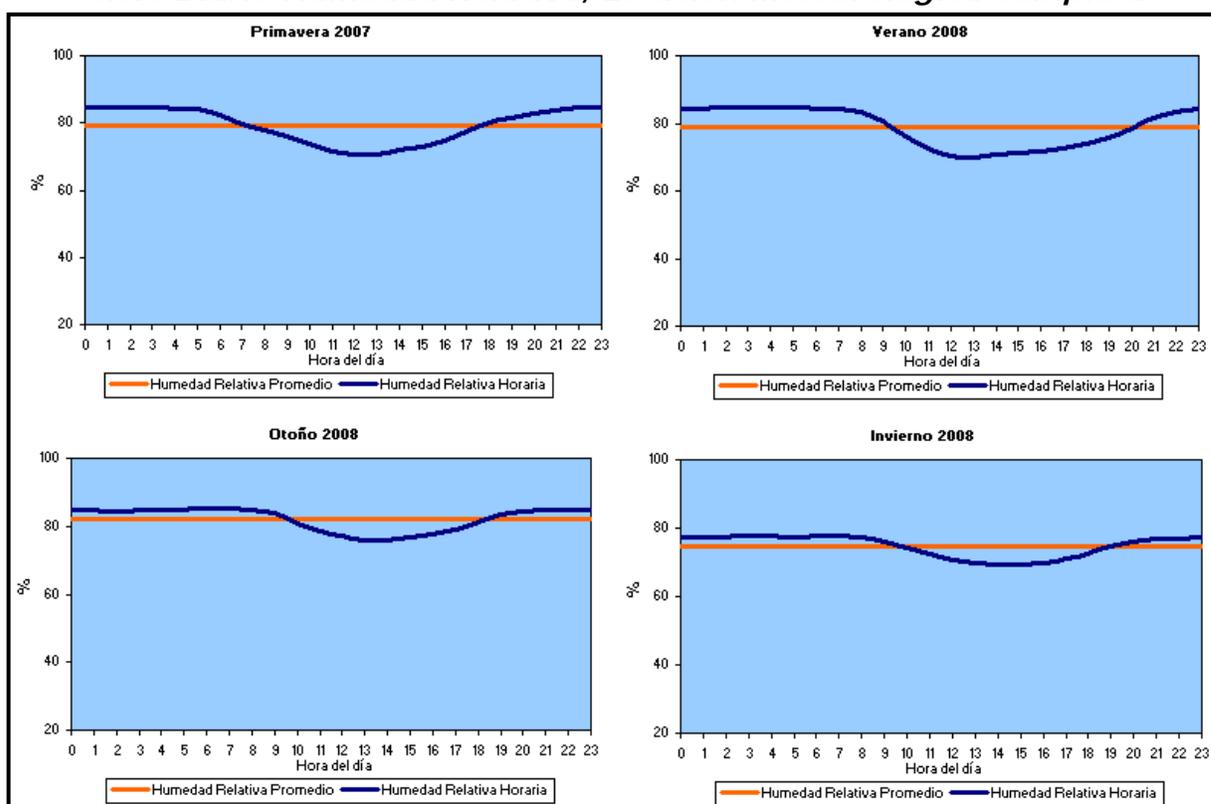
Fuente: Elaboración Propia.

4.4 Humedad Relativa

En la Figura N° 10 se observa el ciclo diario de la humedad relativa en la zona. Se observa un comportamiento inverso al comportamiento de la temperatura, es decir, los valores aumentan en las primeras horas del día y en horas de la noche, mientras disminuyen durante el día.

El valor promedio de humedad relativa del aire en la zona alcanza a un 80,2%, alcanzando máximos durante los meses de otoño, cerca de las 6:00 de la mañana. Por otra parte los valores mínimos se registran durante el verano, cerca de las 13:00 horas, con valores promedio de 70,1%.

Figura N° 10
Ciclo Diario Humedad Relativa, Estación Meteorológica Completa



Fuente: Elaboración Propia.

5 Estimación de Emisiones del Proyecto

El presente capítulo da cuenta de los resultados obtenidos de la estimación de emisiones de material particulado respirable MP_{10} y material particulado sedimentable MPS que generarán las actividades provenientes de los proyectos "Puerto Castilla", "Central Termoeléctrica Castilla" y "CalChile" en las siguientes etapas:

- Etapa de construcción Proyecto "Puerto Castilla"
- Etapa de operación Proyecto "Puerto Castilla"
- Etapa de construcción (3º año) Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"
- Etapa de operación Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"
- Etapa de operación Proyecto "CalChile"

De acuerdo a la descripción del proyecto "Central Termoeléctrica Castilla" la etapa de construcción tendrá una duración de 6 años, dentro de los cuales el tercer año alcanzara su mayor nivel de actividad, por lo cual sus mayores emisiones. Por lo anterior, se han estimado las emisiones del 3^{er} año de construcción, con la finalidad de evaluar el peor escenario desde el punto de vista de la calidad del aire^b.

Por otro lado, cabe señalar que el presente estudio considera sólo las emisiones de MP_{10} y MPS provenientes de la etapa de operación del proyecto CalChile, puesto que corresponde a la situación actual de dicho Proyecto.

5.1 Actividades Emisoras de MP_{10} y MPS

Las siguientes Tablas resumen las principales actividades emisoras (fuentes fugitivas) de material particulado respirable MP_{10} y material particulado sedimentable MPS de cada Proyecto en análisis:

^bVer "Anexo 6 Calidad del aire – Etapa de construcción" Adenda N°1 - EIA CT. Castilla, Tabla 3.8 "Resumen de emisiones etapa de construcción"

Tabla N° 6
Actividades Emisoras de MP₁₀ y MPS
Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"

<i>Proyecto</i>	<i>Actividad Emisora</i>
Puerto Castilla	Perforaciones
	Tronaduras
	Excavación (Despeje de superficie)
	Excavaciones (rocas)
	Carga (material excavado)
	Descarga (material excavado)
	Excavación (Compactación de terreno)
	Tránsito por caminos no pavimentados (interno y externos)
	Tubo de escape
	Motor de maquinaria (cargador frontal, retroexcavadora, etc.)

Fuente: "Anexo 7 Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Calidad del Aire" EIA Puerto Castilla.

Tabla N° 7
Actividades Emisoras de MP₁₀ y MPS
Etapa de Operación Proyecto "Puerto Castilla"

<i>Proyecto</i>	<i>Actividad Emisora</i>
Puerto Castilla	Carga (caliza y hierro)
	Descarga (caliza, hierro, carbón y en tolva de carbón)
	Tránsito por caminos no pavimentados (Ruta 1 - Puerto Castilla)
	Tránsito por caminos pavimentados (Interior Puerto Castilla)
	Erosión eólica (acopios caliza, hierro y carbón y tolva camión)
	Tubo de escape
	Motor maquinaria (Cargador CAT 988)

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 8
Actividades Emisoras de MP₁₀ y MPS
Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"

Proyecto	Actividad Emisora
Central Termoeléctrica Castilla	Excavaciones
	Carga (material excavado)
	Descarga (material excavado)
	Erosión eólica en acopios
	Tránsito por caminos no pavimentados (internos y accesos)
	Tubo de escape
	Motor maquinaria

Fuente: "Anexo 6 Calidad del aire - Etapa de construcción" Adenda N°1 - EIA CT. Castilla

Tabla N° 9
Actividades Emisoras de MP₁₀ y MPS
Etapa de Operación Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"

Proyecto	Actividad Emisora
Central Termoeléctrica Castilla	Carga (carbón)
	Descarga (carbón y cenizas)
	Transferencia de material (carbón)
	Tránsito por caminos no pavimentados (internos y externos)
	Erosión eólica (acopio carbón y deposito cenizas)
	Tubo de escape
	Motor maquinaria (rodillo compactador CAT 815F)

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 10
Actividades Emisoras de MP₁₀ y MPS
Etapa de Operación Proyecto "CalChile"

Proyecto	Actividad Emisora
CalChile	Escarpe
	Excavaciones
	Carga (material excavado)
	Descarga (material excavado)
	Tránsito por caminos no pavimentados
	Tubo de escape
	Motor maquinaria (cargador frontal CAT 966, Retroexcavadora)

Fuente: Resolución Exenta N° 317, "Proyecto CalChile".

5.2 Método de Cálculo

La ecuación general para determinar las emisiones de cualquier actividad es definida por la EPA como sigue a continuación.

$$E = Fe \cdot Na \cdot \left(1 - \frac{Ea}{100}\right) \quad (1)$$

Donde:

- E : Emisión
- FE : Factor de emisión
- Na : Nivel de actividad
- Ea : Eficiencia de abatimiento

Las emisiones asociadas a cada una de las actividades antes descritas, fueron calculadas utilizando los factores de emisión definidos en el documento "AP 42, Fifth Edition, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency*" y en la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA Región Metropolitana".

5.3 Factores de Emisión de MP₁₀ y MPS

Los factores de emisión para material particulado respirable MP₁₀ y material particulado sedimentable MPS considerados en el cálculo, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N° 11
Factores de Emisión para MP₁₀ y MPS Considerados en el Cálculo

Fuente Emisora	Factor	Ref.	Unidad	Variables
Perforaciones	$k \cdot 0,59$	(1)	Kg/perf	k: Factor tamaño de partícula
Tronaduras	$0,00022 \cdot k \cdot (A)^{1,5}$	(1)	Kg/tron	k: Factor tamaño de partícula
				A: Área detonada
Excavaciones	$MP_{10} : k \cdot 0,45 \cdot s^{1,5} \div H^{1,4}$ $PTS : k \cdot 2,6 \cdot s^{1,2} \div H^{1,3}$	(1)	kg/hr	s: % de finos del material
				H: % humedad del material
				k: Factor tamaño de partícula
Escarpe	$5,38 \cdot k \cdot (s)^{0,6}$	(2)	Kg/ha	k: Factor tamaño de partícula
				s: % de finos del material
Carga, Transferencia y descarga de material	$0,0016 \cdot k \cdot \left(\frac{u}{2,2}\right)^{1,3} \div \left(\frac{H}{2}\right)^{1,4}$	(3)	kg/ton	k: Factor tamaño de partícula
				u: Velocidad del viento (m/s)
				H: Humedad del material (%)
Tránsito por caminos no pavimentados	$281,9 \cdot k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^{0,45}$	(4)	g/veh-km	K: Factor tamaño de partícula
				s: % de finos del material
				W: Peso promedio flota de camiones que circula por la vía
Tránsito por caminos pavimentados	$4,6 \cdot \left(\frac{sL}{2}\right)^{0,65} \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^{1,5}$	(5)	g/veh-km	sL: Carga de fino de la superficie
				W: Peso promedio del camión que circula por las vías
Erosión eólica	$1,9 \cdot \left(\frac{s}{1,5}\right) \cdot \left(\frac{P}{15}\right)$	(6)	kg/ha	s: % de finos del material
				p: % del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s
Motor de camiones pesados diesel tipo 3	$1,913275 \cdot (V)^{-0,7054}$	(7)	g/veh-km	V: Velocidad del camión Km/h
Motor de buses diesel tipo 3	$1,626345 \cdot (V)^{-0,7373}$	(7)	g/veh-km	V: Velocidad del camión Km/h
Motor de camionetas diesel tipo 3	$0,00003015 \cdot (V)^2 - 0,00327295 \cdot V + 0,129444$	(7)	g/veh-km	V: Velocidad del camión Km/h
Motor de maquinaria	$FP \cdot C \cdot P$	(7)	g/hr	FP: Factor de potencia
				C: Porcentaje de carga
				P: Potencia nominal (kw)

(1) Factor obtenido desde AP42, 5th Edition: Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".

(2) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 4th Edition: Capítulo 9, sección 9.1 "Agricultural Tilling".

(3) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".

- (4) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.2 "Unpaved Road".
- (5) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.1 "Paved Roads".
- (6) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en "Industria del Árido en Chile, Tomo I, Sistemización de Antecedentes Técnicos y Ambientales, 2001.
- (7) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M.

Tabla N° 12
Valores Considerados en los Factores de Emisión
Etapa de Construcción Proyecto "Puerto Castilla"

Fuente Emisora	Variables	Valor	Ref.
Perforaciones	k: Factor de corrección MP ₁₀	0,37	(8)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	1,00	(8)
Tronaduras	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,52	(8)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	1,00	(8)
	A: Área detonada (m ²)	50,00	(9)
Excavaciones	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,75	(8)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	1,00	(8)
	S: % de finos del material	10,00	(9)
	H: Humedad del material	8,00	(9)
Carga y descarga de material	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,35	(10)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,74	(10)
	u: Velocidad del viento (m/s)	3,00	(9)
	H: Humedad del material	8,00	(9)
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	1,50	(11)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	4,90	(11)
	S: % de finos del material	10,00	(9)
	W: Peso promedio flota de camiones (ton)	17,00	(9)
	W: Peso promedio flota de camiones (ton)	17,00	(9)
	W: Peso promedio flota de camionetas (ton)	3,00	(9)

- (8) Factor obtenido desde AP42, 5th Edition: Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".
- (9) Información obtenida de Estudio de Impacto Ambiental "Puerto Castilla", ADENDA N° 1, Anexo N° 7.
- (10) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".
- (11) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.2 "Unpaved Road".

Tabla N° 13
Valores Considerados en los Factores de Emisión
Etapa de Operación Proyecto “Puerto Castilla”

Fuente Emisora	Variables	Valor	Ref.
Carga y descarga de material	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,35	(12)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,74	(12)
	u: Velocidad del viento (m/s)	3,03	(13)
	H: Humedad del material	8,00	(14)
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	1,50	(15)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	4,90	(15)
	S: % de finos del material (Ruta 1 – Puerto Castilla)	2,36	(16)
	W: Peso promedio flota de vehículos que circulan por la vía (ton)	16,90	(17)
Tránsito de vehículos por caminos pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	4,60	(18)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	24,00	(18)
	sL: Carga de fino de la superficie	0,96	(19)
	W: Peso promedio flota de vehículos que circulan por la vías (ton)	16,90	(17)
Erosión eólica	s: % de finos del material	10,00	(20)
	p: % del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s	14,70	(13)
Motor de camiones pesados diesel tipo 3	V: Velocidad promedio de camiones (km/h)	35,00	(21)
Motor de buses diesel tipo 3	V: Velocidad promedio de buses (km/h)	50,00	(21)
Motor de camionetas diesel tipo 3	V: Velocidad promedio de camionetas (km/h)	50,00	(21)
Motor de maquinaria	FP: Factor potencia cargador frontal CAT 988	1,10	(22)
	C: Carga de la maquina	0,50	(23)
	P: Potencia nominal (kw)	134,00	(24)

- (12) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.4 “Aggregate Handling and Storage Piles”.
- (13) Valor obtenido de mediciones realizadas en Estación Meteorológica Completa, durante el periodo Octubre 2007- Septiembre 2008.
- (14) Dato del proyecto
- (15) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.2 “Unpaved Roads”.
- (16) Valor obtenido de muestreo de suelo realizado por Asesorías Algoritmos Ltda. en el área del proyecto, equivalente al promedio de finos obtenidos de las muestras “Ruta 1 Puerto” y “Cultivo”. Ver ANEXO I
- (17) Ver Sección 5.5.2
- (18) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.1 “Paved Roads”.
- (19) Valor por defecto obtenido de Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, considerando un flujo entre 500 y 10.000 vehículos día.
- (20) Valor por defecto obtenido de Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M.
- (21) Estimado por el consultor.

- (22) Valor por defecto obtenido de Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M.
- (23) Se consideró que el motor estará en promedio a un 50% de su carga máxima.
- (24) Valor extraído de la ficha técnica de la maquinaria

Tabla N° 14
Valores Considerados en los Factores de Emisión
Etapa de Construcción Proyecto "Central Termoeléctrica Castilla"

Fuente Emisora	Variables	Valor	Ref.
Excavaciones	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,75	(25)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	1,00	(25)
	S: % de finos del material	10,00	(26)
	H: Humedad del material	8,00	(26)
Carga y descarga de material	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,35	(27)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,74	(27)
	u: Velocidad del viento (m/s)	3,00	(26)
	H: Humedad del material	8,00	(26)
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	1,50	(28)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	4,90	(28)
	S: % de finos del material (Ruta 1 – Puerto Castilla)	10,00	(26)
	W: Peso promedio flota de vehículos que circulan por la vía (ton)	17,20	(26)
Erosión eólica	s: % de finos del material	10,00	(26)
	p: % del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s	16,00	(26)

- (25) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".
- (26) Información obtenida de Estudio de Impacto Ambiental "Central Termoeléctrica Castilla", ADENDA N°1, Anexo N° 6 a.
- (27) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".
- (28) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.2 "Unpaved Road".

Tabla N° 15
Valores Considerados en los Factores de Emisión
Etapas de Operación Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla”

Fuente Emisora	Variables	Valor	Ref.
Carga, transferencia y descarga de material	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,35	(29)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,74	(29)
	u: Velocidad del viento (m/s)	3,00	(30)
	H: Humedad del material carbón	8,00	(31)
	H: Humedad del material ceniza	12,00	(31)
Tránsito de camiones por caminos no pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	1,50	(32)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	4,90	(32)
	S: % de finos del material	10,00	(31)
	W: Peso promedio flota de camiones que circula por la vía	22,00	(31)
Erosión eólica de material en pila	s: % de finos del material	10,00	(31)
	p: % del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s	14,70	(30)
Motor de camiones pesados diesel tipo 3	V: Velocidad promedio de camiones (km/h)	50,00	(31)
Motor de maquinaria	FP: Factor potencia Rodillo compactador CAT 815F	1,10	(33)
	C: Carga de la maquina	0,50	(34)
	P: Potencia nominal (kw)	179,0	(35)

- (29) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.4 “Aggregate Handling and Storage Piles”.
- (30) Valor obtenido de mediciones realizadas en Estación Meteorológica Completa, durante el periodo Octubre 2007- Septiembre 2008.
- (31) Dato del proyecto
- (32) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capitulo 13, sección 13.2.2 “Unpaved Road”.
- (33) Valor por defecto obtenido de Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M.
- (34) Se consideró que el motor estará en promedio a un 50% de su carga máxima.
- (35) Valor extraído de la ficha técnica de la maquinaria

Tabla N° 16
Valores Considerados en los Factores de Emisión
Etapa de Operación Proyecto "CalChile"

Fuente Emisora	Variables	Valor	Ref.
Escarpe	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,21	(36)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,33	(36)
	S: % de finos del material (Ruta 1 – Puerto Castilla)	2,00	(37)
Excavaciones	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,75	(38)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	1,00	(38)
	S: % de finos del material	2,00	(37)
	H: Humedad del material	0,50	(37)
Carga y descarga de material	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	0,35	(39)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	0,74	(39)
	u: Velocidad del viento (m/s)	3,00	(37)
	H: Humedad del material	0,50	(37)
Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados	k: Factor tamaño de partícula MP ₁₀	1,50	(40)
	k: Factor tamaño de partícula MPS	4,90	(40)
	S: % de finos del material (Ruta 1 – Puerto Castilla)	2,00	(37)
	W: Peso promedio flota de vehículos que circulan por la vía (ton)	24,00	(37)

- (36) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 4th Edition: Capítulo 9, sección 9.1 "Agricultural Tilling".
- (37) Información obtenida de Resolución Exenta N° 317, "Proyecto CalChile".
- (38) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 11, sección 11.9 "Western Surface Coal Mining".
- (39) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".
- (40) Factor obtenido desde Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, CONAMA R.M, basado en AP42, 5th Edition: Capítulo 13, sección 13.2.2 "Unpaved Road".

5.4 Nivel de actividad

5.4.1 Etapa de Construcción Proyecto “Puerto Castilla”

El nivel de actividad asociada a la etapa de construcción del Proyecto “Puerto Castilla” se obtuvo del documento “Anexo 7 Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Calidad del Aire” del EIA “Puerto Castilla”, y se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla N° 17
Nivel de Actividad
Etapa de Construcción Proyecto “Puerto Castilla”

<i>Actividad Emisora</i>	<i>Nivel de Actividad</i>	<i>unidad</i>
Perforaciones	2	perf/día
Tronaduras	2	tron/día
Excavación (Despeje de superficie)	6	hr/día
Excavación (Roca)	6	hr/día
Carga (material excavado)	20.120	ton/día
Descarga (material excavado)	20.120	ton/día
Excavación (Compactación de terreno)	8	hr/día
Movimientos de camiones internos	447	veh-km/día
Movimientos de camiones externos	240	veh-km/día
Camionetas	3	veh-km/día

Fuente: EIA Puerto Castilla, Anexo 7

5.4.2 Etapa de Operación Proyecto “Puerto Castilla”

a. *Carga y Descarga de Material*

Considerando que los procesos de descarga de material en el Puerto y carga de material a embarcar no se producen de manera conjunta durante todos los días del año, y con la finalidad de definir el peor escenario para la calidad de aire en el área de modelación, se asume que los procesos de carga y descarga se realizan simultáneamente y operando a máxima capacidad. De esta manera es posible obtener las **máximas concentraciones diarias de MP₁₀** que generará el proyecto. La siguiente Tabla presenta las tasas de carga y descarga utilizada en el cálculo de emisiones.

Tabla N° 18
Tasas de Carga y Descarga Proyecto Puerto Castilla
Situación Máximas Diarias

<i>Material</i>	<i>Descarga Ton/día</i>	<i>Carga Ton/día</i>
Carbón	96.000	--
Mineral de Hierro	41.800	132.000
Caliza	1.400	27.500

Fuente: Elaboración Propia, en base a información proporcionada por OMX.

Por otro lado, para obtener las **concentraciones promedio anuales** que generará el Proyecto, se asume que los procesos de descarga de material en el Puerto y carga de material a embarque se realizan simultáneamente durante todos los días del año con igual tasa de descarga y carga, con la finalidad de simular que el Puerto opera a la misma capacidad durante todo el año. La siguiente Tabla presenta las tasas de carga y descarga utilizada en el cálculo de emisiones.

Tabla N° 19
Tasas de Carga y Descarga Proyecto Puerto Castilla
Situación Promedios Anuales

<i>Material</i>	<i>Descarga Ton/día</i>	<i>Carga Ton/día</i>
Carbón	96.000	--
Mineral de Hierro	41.800	41.800
Caliza	1.400	1.400

Fuente: Elaboración Propia, en base a información proporcionada por OMX.

b. Tránsito de camiones

- Número de viajes

Si bien el proyecto Puerto Castilla sometido al SEIA a través de un EIA, no considera en su operación lo referido a las actividades que corresponderán a terceros aún no definidos, entre ellas, el transporte al puerto de minerales y otros productos, en el presente informe se han asumido los flujos mayores posibles para aquellos productos viables de ser transportados por camiones (concentrado de cobre, graneles limpios y caliza)^c desde la intersección de la ruta costera (Ruta N°1) con el camino en dirección al área portuaria considerada en el proyecto. Ello, con la finalidad de generar un escenario conservador en relación a la evaluación de dispersión de emisiones atmosféricas de MP₁₀.

^c Se ha asumido que el mineral de hierro será transportado al puerto por terceros por medio de concentrado.

Para calcular el número de viajes al día entre la Ruta N° 1 y el Puerto, que eventualmente realizarían los camiones durante la etapa de operación del proyecto, se consideró la capacidad de la tolva de los camiones a utilizar, la cual según información proporcionada por el cliente, corresponde a 25 toneladas. Luego, al dividir la cantidad de material a transportar por la capacidad de carga de los camiones, se obtiene el número de viajes de camiones cargados que se realizarían entre la Ruta N° 1 y el Puerto Castilla. Dichos valores deben multiplicarse por 2 para obtener los viajes de ida y vuelta, estimando de esta forma el número total de viajes que realizarán.

La Tabla N° 20, presenta el total de material a transportar y el número de viajes ida y vuelta al día por tipo de material.

Tabla N° 20
Número de viajes (ida y vuelta) al día

<i>Tipo de Material</i>	<i>Cantidad (Ton/año)</i>	<i>Cantidad (Ton/día)^d</i>	<i>Viajes/día</i>
Concentrado de cobre	2.000.000	5.479	440
Graneles limpios	1.000.000	2.740	220
Caliza	500.000	1.370	110

Fuente: Elaboración Propia

Además, durante la etapa de operación del Proyecto, se estima que se realizarán 8 viajes ida y vuelta al día en bus y 30 viajes ida y vuelta al día en camionetas que proveerán de personal a las distintas actividades en el Puerto.

- Peso promedio

El peso promedio de los vehículos que circularán por caminos pavimentados y sin pavimentar, se determinó considerando proporciones de acuerdo a los viajes al día realizado por tipo de vehículo, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$PPP = PPC * PV \quad (2)$$

$$PPR = \sum PPP \quad (3)$$

Donde:

- PPP : Proporción peso de cada tipo de vehículo
- PPR : Peso medio (ton)
- PPC : Peso asignado a cada tipo de vehículo (ton)
- PV : (Viajes al día por tipo de vehiculo)/(total de viajes al día de la flota)

^d Considera un año compuesto por 365 días.

A continuación se presenta el peso medio para los vehículos que circularán por los caminos pavimentados y sin pavimentar, considerando las ecuaciones (2) y (3).

Tabla N° 21
Peso promedio vehículos que circulan por caminos con y sin pavimentar

Tipo Camión	Peso Medio (ton)	N° Viajes ^e	Proporción de viajes ^f (PV)	Proporción por peso ^g (PPP)	Peso medio Camino ^h (PPR)
Camión de transporte (Caliza)	17,50	110	0,14	2,38	16,90
Camión de transporte (Cobre)	17,50	440	0,54	9,53	
Camión de transporte (Granel)	17,50	220	0,27	4,76	
Buses	12,00	8	0,01	0,12	
Camionetas	3,00	30	0,04	0,11	

Fuente: Elaboración propia.

- Trayectoria de los camiones

La trayectoria que recorrerán tanto los camiones con material como los vehículos con personal presentan las siguientes longitudes, desagregado según tramo y tipo de carpeta:

Tabla N° 22
Distancia recorrida por viaje desagregada por tipo de carpeta (Km.)

Tramo	Distancia de Recorrido (Km)	
	No Pavimentado	Pavimentado
Ruta 1 – Puerto Castilla	13,80	--
Interior Puerto Castilla	--	1,78

Fuente: Elaboración Propia, basado en planos entregados por OMX.

^e Número de viajes de ida más viajes de vuelta al día

^f Proporción entre viajes diarios de cada tipo de vehículo respecto del total de viajes en el camino

^g Resultado al multiplicar la proporción de viajes de cada tipo de vehículo por el respectivo peso medio

^h Peso Promedio considerado en caminos pavimentados y sin pavimentar

c. *Erosión Eólica*

- Canchas de acopio

Las superficies expuestas a erosión eólica en canchas de acopio consideradas en los cálculos se presentan en la siguiente tabla.

Con el fin de establecer un escenario conservador desde el punto de vista de la calidad del aire, se han considerado superficies totales expuestas a erosión eólica mayores a las reales, estimadas a partir de Planos proporcionados por el cliente.

Tabla N° 23
Superficies Expuestas a Erosión Eólica en canchas de acopio

<i>Sector</i>	<i>Superficie real</i>	<i>Superficie estimada</i>	<i>Unidad</i>
Cancha de acopio de caliza	0,43	0,51	Hectáreas
Cancha de acopio de hierro	20,28	31,30	Hectáreas
Cancha de acopio de carbón	9,85	15,62	Hectáreas

Fuente: Elaboración Propia, basado en plano entregado por OMX.

- Tolva camiones

Las superficies expuestas a erosión eólica en la tolva de los camiones considerados por el Proyecto, son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla N° 24
Superficies Expuestas a Erosión Eólica en tolva de camiones

<i>Sector</i>	<i>Superficie</i>	<i>Unidad</i>
Ancho promedio (camión tipo)	5,3	m
Largo promedio (camión tipo)	5,0	m
Superficie	26,5	m ²
Superficie	0,00265	Hectáreas

Fuente: Elaboración Propia

d. *Medidas de Mitigación*

Las medidas de mitigación consideradas por el proyecto, con el fin de disminuir las emisiones de material particulado MP₁₀ son las siguientes:

Tabla N° 25
Medidas de mitigación consideradas en el Proyecto

Sector	Método	% eficiencia
Carga de material en acopio de caliza	Cierre perimetral	80
Carga de material en acopio de hierro	Cierre perimetral	80
Descarga de material en acopio de caliza	Cierre perimetral	80
Descarga de material en acopio de hierro	Cierre perimetral	80
Descarga de material en tolva de carbón	Captador	75
Descarga de material en acopio de carbón	Nebulizador/Aspirado	90
Erosión Eólica en acopio de caliza	Encostrante	95
Erosión Eólica en acopio de hierro	Aspersores	80
Erosión Eólica en acopio de carbón	Encostrante	95
Transporte en camino no pavimentado	Bischofita	85
Transporte en camino pavimentado	Humectación	75
Tolva camión	Lona	95

Fuente: Proporcionado por OMX.

5.4.3 Etapa de Construcción Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla”

El nivel de actividad asociada a la etapa de construcción del Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla” se obtuvo del documento “Anexo 6 Calidad del aire – Etapa de construcción” del Adenda N°1 - EIA Central Termoeléctrica Castilla, y se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla N° 26
Nivel de Actividad Etapa de Construcción
Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla”

Actividad Emisora	Nivel de Actividad	unidad
Excavaciones	8,0	ton/día
Carguío de material excavado	22.361,0	ton/día
Descarga de material excavado	22.361,0	ton/día
Erosión de acopios	0,4	ha/día
Fugitivas caminos no pavimentado (internos)	559,0	veh-km/día
Fugitivas caminos no pavimentado (accesos)	160,0	veh-km/día

Fuente: EIA, ADENDA N° 1 Central Termoeléctrica Castilla, Anexo 6.

5.4.4 Etapa de Operación Proyecto “Central Termoeléctrica Castilla”

a. *Cancha de Acopio de Carbón*

Se tiene que la cantidad de material a acopiar, según dato proporcionado por el cliente, es de 2.880 ton/día por unidad (17.280 ton/día contemplando la operación conjunta de 6 unidades a carbón), en una superficie aproximada de 18 hectáreas. El material a acopiar será depositado en la cancha de acopio mediante torres de transferencias (5 unidades) compuestas con un sistema de captación de polvo que disminuirán las emisiones en un 75%.

Cabe señalar que para determinar la erosión eólica en la cancha de acopio se consideró que 18 hectáreas al día serán sometidas a erosión.

b. *Cancha de Acopio de Cenizas*

La cantidad de cenizas a acopiar, según dato proporcionado por el cliente, es de 432 ton/día por unidad (2.592 ton/día contemplando la operación conjunta de 6 unidades a carbón), en una superficie aproximada de 125 hectáreas (1.750 m de largo por 715 m ancho).

Cabe señalar que el proyecto contempla trabajar en celdas equivalente a 4.000 m², donde las cenizas depositadas son compactadas mediante un rodillo durante 8 horas todos los días, hasta completar una altura aproximada de 4 m, donde se le aplicará un encostrante que permitirán reducir las emisiones en aproximadamente un 95% por efecto de la erosión eólica.

c. *Transporte de Cenizas*

Para transportar cenizas desde la central termoeléctrica hasta las canchas de acopio de cenizas, se estima que se realizarán 208 viajes por día por 19 km de caminos no pavimentados. Dichos viajes se obtuvieron al multiplicar por dos, el cociente entre la cantidad de material a transportar por la capacidad del camión (25 toneladas). Para disminuir las emisiones generadas por el tránsito de camiones por caminos no pavimentados, se aplicará una solución salina tipo bischofita que mitigarán el 96% de las emisiones totales de material particuladoⁱ.

ⁱ Fuente: “Análisis comparativo de la eficiencia de supresores de polvo mediante el uso del equipo DUSMATE y el efecto económico para la conservación rutinaria y periódica de carpetas granulares”, Dirección de Vialidad, Región del Maule.

5.4.5 Etapa de Operación Proyecto Calchile

El nivel de actividad asociada a la etapa de operación del Proyecto "CalChile" se obtuvo de la "Resolución Exenta N° 317", y se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla N° 27
Nivel de Actividad
Etapa de Construcción Proyecto "CalChile"

<i>Actividad Emisora</i>	<i>Nivel de Actividad</i>	<i>unidad</i>
Escarpe	10,0	ha/año
Excavaciones	2.555,0	hr/año
Carga y descarga	608.327,6	ton/año
Fugitivas caminos no pavimentado (internos)	91.250,0	veh-km/año
Motores de camiones	91.250,0	veh-km/año
Motores de maquinarias	2.555,0	hr/año

Fuente: Resolución Exenta N° 317, "Proyecto CalChile".

5.5 Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS resultantes de las fuentes fugitivas del Proyecto

Al multiplicar los factores de emisión por el nivel de producción de cada actividad definidos en la sección anterior, se obtienen las tasas de emisión total.

Cabe señalar, que para aquellas actividades que no poseen factores de emisión para MPS (motor de maquinaria y motor de vehículos), se ha asumido que todo el MP₁₀ corresponde a MPS.

Tabla N° 28
Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS Etapa de Construcción Puerto Castilla (Kg/día)

<i>Etapa</i>	<i>Descripción</i>	<i>Emisión MPS</i>	<i>Emisión MP₁₀</i>
Construcción Puerto Castilla	Perforaciones	1,2	0,4
	Tronaduras	0,2	0,1
	Excavación (Despeje de superficie)	16,6	3,5
	Excavación (Roca)	16,6	3,5
	Carga (material excavado)	5,1	2,4
	Descarga (material excavado)	5,1	2,4
	Excavación (Compactación de terreno)	22,1	4,6
	Movimientos de camiones internos	311,0	91,8
	Movimientos de camiones externos	100,2	29,6
	Camionetas	0,6	0,2
	Bulldozer	0,4	0,4
	Cargador frontal	1,2	1,2
	Motoniveladora 200 HP	0,3	0,3
	Martinete	0,2	0,2
	Retroexcavadora	0,7	0,7
	Rodillo 560 kg	0,6	0,6
	Grúa Hince (Tipo Oruga)	1,3	1,3
	Dumper	0,4	0,4
	Camión tolva 20 m ³	0,1	0,08
	Camión otros	0,0	0,04
Camionetas	0,001	0,001	
Total Tasa de Emisión (kg/día)		483,90	143,70

Tabla N° 29
Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS Etapa de Operación Puerto Castilla (kg/día)

Actividad	Descripción	Emisión MPS		Emisión MP ₁₀	
		Máx. Diarias	Prom. Anual	Máx. Diarias	Prom. Anual
Carga	Carga de material en acopio de caliza	1,42	0,07	0,67	0,03
	Carga de material en acopio de hierro	6,79	2,15	3,21	1,02
Descarga	Descarga de material en acopio de caliza	0,07	0,07	0,03	0,03
	Descarga de material en acopio de hierro	2,15	2,15	1,02	1,02
	Descarga de material en tolva de carbón	6,18	6,18	2,92	2,92
	Descarga de material en acopio de carbón	2,47	2,47	1,17	1,17
Erosión Eólica	Erosión Eólica en acopio de caliza	0,31	0,31	0,31	0,31
	Erosión Eólica en acopio de hierro	77,68	77,68	77,68	77,68
	Erosión Eólica en acopio de carbón	9,69	9,69	9,69	9,69
	Erosión Eólica en tolva camión	0,002	0,002	0,002	0,002
Transito vehículos por caminos no pavimentados	Transito camiones con caliza ruta 1- puerto castilla	182,08	182,08	37,66	37,66
	Transito camiones con cobre ruta 1 - puerto castilla	918,75	918,75	203,07	203,07
	Transito camiones con granel ruta 1 - puerto castilla	459,38	459,38	101,54	101,54
	Transito buses ruta 1 - puerto castilla	16,70	16,70	3,69	3,69
	Transito camionetas ruta 1 - puerto castilla	62,64	62,64	13,85	13,85
Transito vehículos por caminos pavimentados	Transito camiones con caliza puerto castilla (interior)	11,42	11,42	2,19	2,19
	Transito camiones con cobre puerto castilla (interior)	45,70	45,70	8,76	8,76
	Transito camiones con granel puerto castilla (interior)	22,85	22,85	4,38	4,38
	Transito buses puerto castilla (interior)	0,83	0,83	0,16	0,16
	Transito camionetas puerto castilla (interior)	3,12	3,12	0,60	0,60
Tubo de Escape (Camino no pavimentados)	Tubo de escape camiones con caliza ruta 1 - puerto castilla	0,24	0,24	0,24	0,24
	Tubo de escape camiones con cobre ruta 1 - puerto castilla	0,95	0,95	0,95	0,95
	Tubo de escape camiones con granel ruta 1 - puerto castilla	0,47	0,47	0,47	0,47
	Tubo de escape buses ruta 1 - puerto castilla	0,01	0,01	0,01	0,01
	Tubo de escape camionetas ruta 1 - puerto castilla	0,02	0,02	0,02	0,02
Tubo de Escape (Camino pavimentados)	Tubo de escape camiones con caliza puerto castilla (interior)	0,03	0,03	0,03	0,03
	Tubo de escape camiones con cobre puerto castilla (interior)	0,12	0,12	0,12	0,12
	Tubo de escape camiones con granel puerto castilla (interior)	0,06	0,06	0,06	0,06
	Tubo de escape buses puerto castilla (interior)	0,001	0,001	0,001	0,001
	Tubo de escape camionetas puerto castilla (interior)	0,002	0,002	0,002	0,002
Motor Maquinaria	Motor maquinaria: cargador CAT 988	3,24	3,24	3,24	3,24
Total Tasa de Emisión (kg/día)		1.835,37	1.829,38	477,74	474,91

Tabla N° 30
Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS
Etapa de Construcción Central Termoeléctrica Castilla (kg/día)

<i>Etapa</i>	<i>Actividad</i>	<i>Emisión MPS</i>	<i>Emisión MP₁₀</i>
Construcción Central Termoeléctrica Castilla	Excavaciones	22,08	4,65
	Carga (material excavado)	5,69	2,69
	Descarga (material excavado)	5,69	2,69
	Erosión eólica en acopios	5,40	5,40
	Fugitivas caminos no pavimentado (internos)	469,11	138,46
	Fugitivas caminos no pavimentado (accesos)	67,14	19,82
	Tubo de escapes (motor camiones)	0,38	0,38
	Motores de maquinarias	0,04	0,04
Total Tasa de Emisión (kg/día)		575,53	174,13

Tabla N° 31
Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS
Etapa de Operación Central Termoeléctrica Castilla (kg/día)

<i>Etapa</i>	<i>Actividad</i>	<i>Emisión MPS</i>	<i>Emisión MP₁₀</i>
Operación Central Termoeléctrica Castilla	Carga de material carbón	4,45	2,1
	Descarga de material en pilas de carbón	4,45	2,1
	Descarga de material en cancha de cenizas	0,38	0,18
	Transferencia de material carbón torre 3	1,11	0,53
	Transferencia de material carbón torre 4	1,11	0,53
	Transferencia de material carbón torre 5	1,11	0,53
	Transferencia de material carbón torre 6	1,11	0,53
	Transferencia de material carbón torre 7	1,11	0,53
	Transporte de material CT hacia cancha de cenizas	494,03	145,82
	Tubo de escape (Transporte de material CT hacia cancha de cenizas)	0,48	0,48
	Motor maquinaria rodillo compactador CAT 815F	0,79	0,79
	Erosión Eólica en pilas de carbón	11,17	11,17
	Erosión Eólica en cancha de cenizas	0,25	0,25
	Total Tasa de Emisión (kg/día)		521,55

Tabla N° 32
Tasas de Emisión de MP₁₀ y MPS
Etapa de Operación CalChile (kg/día)

<i>Etapa</i>	<i>Actividad</i>	<i>Emisión MPS</i>	<i>Emisión MP₁₀</i>
Operación CalChile	Escarpe	0,07	0,05
	Excavaciones	102,95	17,64
	Carga y descarga (material excavado)	20,57	9,67
	Fugitivas caminos no pavimentado (internos)	263,33	11,27
	Tubo de escape (motores de camiones)	0,03	0,03
	Motores de maquinarias (cargador frontal)	0,59	0,59
	Motores de maquinarias (Retroexcavadora)	0,71	0,71
Total Tasa de Emisión (kg/día)		388,25	39,96

6 Fuentes Emisoras Consideradas en la Modelación

La presente modelación consideró el efecto sinérgico de las emisiones de material particulado respirable MP_{10} , material particulado sedimentable MPS y gases generado por las emisiones provenientes de los proyectos "Puerto Castilla", "Central Termoeléctrica Castilla" y "CalChile" en distintos escenarios, los cuales se detallan a continuación:

Escenario 1:

- Etapa de Construcción proyecto "Puerto Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS.
- Etapa de Construcción proyecto "Central Termoeléctrica Castilla": considera emisiones fugitivas (3^{er} año de construcción) de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos turbinas a petróleo diesel (fuentes puntuales).
- Etapa de Operación proyecto "CalChile": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos chimeneas (fuentes puntuales).

Escenario 2:

- Etapa de Construcción proyecto "Puerto Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS
- Etapa de Operación proyecto "Central Termoeléctrica Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos turbinas a petróleo diesel y tres chimeneas a carbón (fuentes puntuales).
- Etapa de Operación proyecto "CalChile": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos chimeneas (fuentes puntuales).

Escenario 3:

- Etapa de Operación proyecto "Puerto Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS
- Etapa de Construcción proyecto "Central Termoeléctrica Castilla": considera emisiones fugitivas (3^{er} año de construcción) de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos turbinas a petróleo diesel (fuentes puntuales).
- Etapa de Operación proyecto "CalChile": considera emisiones fugitivas de material particulado MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP_{10} y gases provenientes de dos chimeneas (fuentes puntuales).

Escenario 4:

- Etapa de Operación proyecto "Puerto Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP₁₀ y material particulado sedimentable MPS
- Etapa de Operación proyecto "Central Termoeléctrica Castilla": considera emisiones fugitivas de material particulado MP₁₀ y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP₁₀ y gases provenientes de dos turbinas a petróleo diesel y tres chimeneas a carbón (fuentes puntuales).
- Etapa de Operación proyecto "CalChile": considera emisiones fugitivas de material particulado MP₁₀ y material particulado sedimentable MPS, además de las emisiones de MP₁₀ y gases provenientes de dos chimeneas (fuentes puntuales).

6.1 Características Físicas y Emisiones de Fuentes Puntuales

6.1.1 Central Termoeléctrica Castilla

La siguiente Tabla presenta las características físicas y las emisiones para cada chimenea considerada en la modelación.

Tabla N° 33
Características Físicas y Emisiones Atmosféricas Asociadas a Cada Tipo de Fuente de la Central Termoeléctrica Castilla

Parámetro	Unidad	Chimenea Carbón 1	Chimenea Carbón 2	Chimenea Carbón 3	Chimenea TG 1	Chimenea TG 2
Altura chimenea	metros	100,00	100,00	100,00	15,00	15,00
Diámetro chimenea	metros	6,37	6,37	6,37	6,35	6,35
Temperatura gases	°C	50,00	50,00	50,00	532,00	532,00
Velocidad gases	m/s	23,70	23,70	23,70	31,00	31,00
Tasa de emisión NOx	g/s	324,00	324,00	324,00	115,74	115,74
Tasa de emisión SOx	g/s	200,20	200,20	200,20	6,94	6,94
Tasa de emisión MP ₁₀	g/s	21,01	21,01	21,01	2,31	2,31

Fuente: Central Termoeléctrica Castilla.

^j TG: Turbina a gas que utiliza como combustible petróleo diesel.

6.1.2 CalChile

La siguiente Tabla presenta las características físicas y las emisiones para cada chimenea considerada en la modelación.

Tabla N° 34
Características Físicas y Emisiones Atmosféricas Asociadas
a Cada Tipo de Fuente Proyecto CalChile

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Chimenea Horno de Cal</i>	<i>Chimenea Enfriador de Cal</i>
Altura chimenea	metros	30,00	15,00
Diámetro chimenea	metros	2,00	2,00
Temperatura gases	°C	200,00	190,00
Velocidad gases	m/s	14,10	12,10
Tasa de emisión MP ₁₀	g/s	0,75	0,66
Tasa de emisión SO _x	g/s	0,45	--

Fuente: Resolución Exenta N° 317, "Proyecto CalChile".

7 Descripción del Modelo Utilizado

7.1 Base Teórica

La aplicación de modelos de dispersión atmosférica permite determinar el aporte de las emisiones provenientes de fuentes emisoras, en localidades y sectores aledaños a las instalaciones de un determinado proyecto, permitiendo de este modo asignar las cuotas de responsabilidad en los niveles de calidad del aire medidos en su entorno.

Los modelos lagrangianos, se caracterizan por hacer uso de un sistema de referencia que se ajusta al movimiento atmosférico. Es decir, las emisiones, reacciones, deposición y mezclado de los contaminantes se analizan para un volumen de aire que va cambiando su posición de acuerdo con la velocidad y dirección del viento. Bajo este esquema general, los modelos lagrangianos se pueden clasificar como modelos de trayectoria y modelos gaussianos, de acuerdo con la geometría del sistema de modelación. Los modelos de trayectoria pueden simular los procesos para una columna hipotética de aire, en cambio cuando la simulación se hace para una pluma de emisión, continua o discreta (como paquetes comúnmente llamados "puffs"), se trata de modelos gaussianos.

Los modelos gaussianos describen el transporte y mezcla de los contaminantes asumiendo que las emisiones presentan, en las direcciones horizontal y vertical, una distribución normal o de curva gaussiana con una concentración máxima en el centro de la pluma. Generalmente estos modelos se aplican para evaluar la dispersión de contaminantes provenientes de fuentes puntuales, aunque también se aplican para simular emisiones de fuentes de área y de línea. Otra característica de este tipo de modelos es que normalmente son aplicados para evaluar la dispersión de contaminantes primarios no reactivos, aunque existen versiones que incluyen en su formulación consideraciones especiales para poder simular procesos de deposición y transformación química.

7.2 Modelo utilizado en el estudio

El modelo utilizado para determinar el efecto que tendrán las emisiones de MPS, MP_{10} , SO_4 y NO_3 del Proyecto y otras fuentes ubicadas en el entorno, corresponde al sistema de modelación "CALMET-CALPUFF" desarrollado por Earth Tech.

El sistema de modelación CALPUFF incluye tres componentes principales: CALMET, CALPUFF y CALPOST, además de un conjunto de preprocesadores diseñados para incluir en el modelo datos meteorológicos y geofísicos.

CALMET es un modelo meteorológico que simula campos de viento y temperatura en un dominio de modelación engrillado y tridimensional. CALMET también produce campos en dos dimensiones como son: Altura de la capa mezcla, características de superficie y propiedades de dispersión.

CALPUFF modela el transporte y dispersión de contaminantes emitidos por las fuentes emisoras en forma de paquetes o "PUFF" de material procesándolos a través del dominio de modelación. La salida primaria de este modelo contiene cada hora de concentración o flujo de deposición evaluados en receptores determinados.

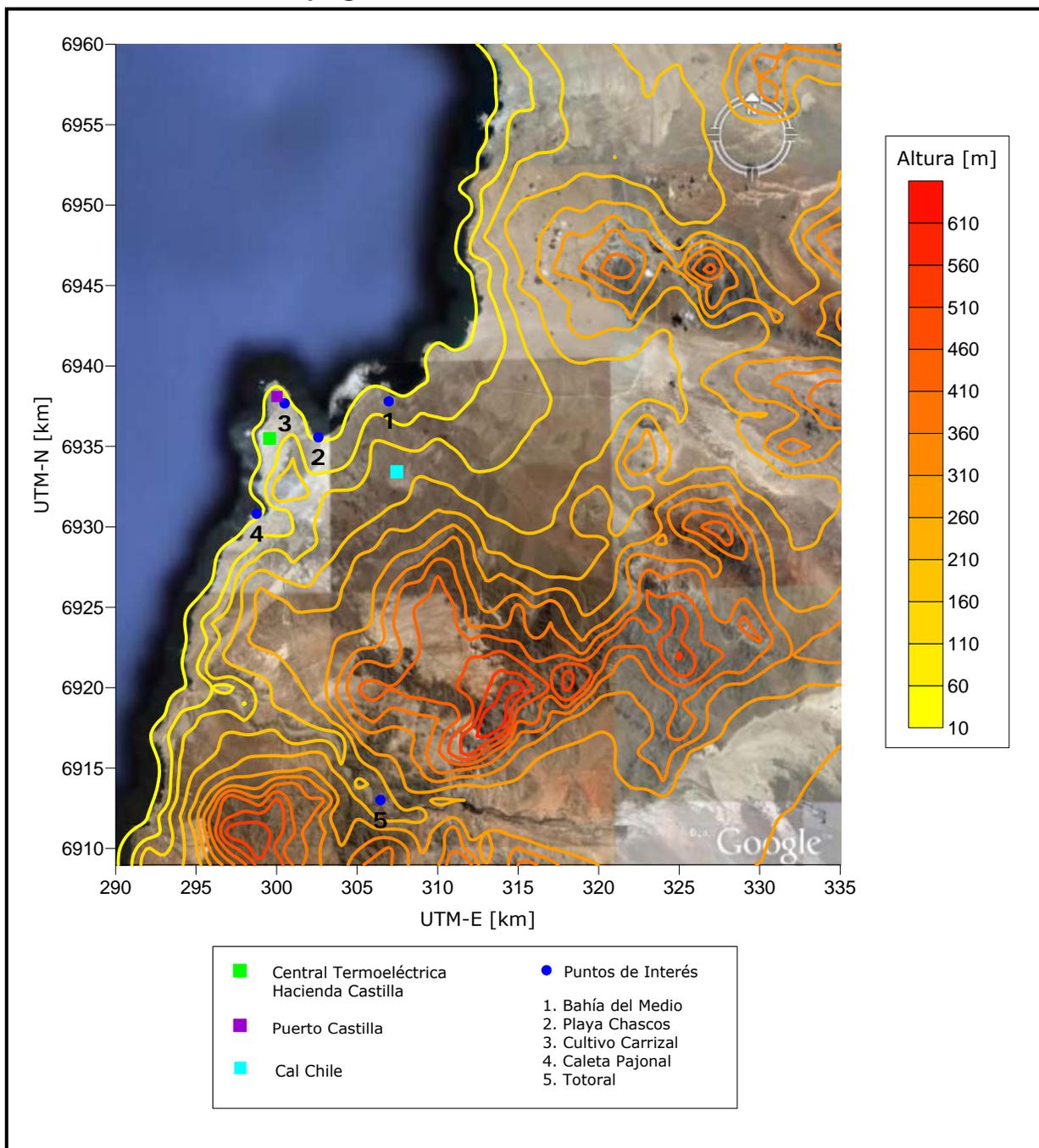
Finalmente CALPOST procesa las salidas de CALPUFF creando los archivos con las tabulaciones necesarias para la evaluación de los resultados.

7.3 Variables de Entrada al Sistema de Modelación

El sistema de modelación CALMET-CALPUFF requiere de la siguiente data de entrada:

- Topografía del área de modelación. Obtenida de datos satelitales de la zona con una resolución de 90 metros. La Figura Nº 11^o 11 presenta las curvas topográficas obtenidas para la zona.
- Uso de suelo del área de modelación. Obtenido de datos satelitales de la zona, con una resolución de 900 metros.
- Línea de costa. Obtenida de datos satelitales de la zona.
- Meteorología de superficie. Obtenida de datos de la Estación Meteorológica Completa y Estación Meteorológica Pajonales, en el periodo Octubre 2007 - Septiembre 2008.
- Meteorología de altura. Obtenida de datos de radiosondeos realizados en la zona de Antofagasta y Santo Domingo para el mismo período de datos del cual se dispone de información meteorológica.
- Data de emisiones. Correspondiente a las descritas anteriormente.

Figura N° 11
Topografía del área de modelación



Fuente: Elaboración Propia.

- Ubicación de puntos de interés. Los puntos de interés a evaluar corresponden a localidades cercanas al proyecto, identificadas en la Figura N° 1, cuyas coordenadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N° 35
Localización Puntos Discretos^k

<i>Receptor</i>	<i>Este [m]</i>	<i>Norte [m]</i>	<i>Elevación [m]</i>
Bahía del Medio	306.796	6.937.802	23
Playa Chascos	302.588	6.935.563	8
Cultivo Carrizal	300.493	6.937.674	21
Caleta Pajonal	298.766	6.930.812	2
Ttotal	306.445	6.913.015	245

Fuente: Elaboración Propia.

- Dispersión de Contaminantes: La opción a utilizar por CALPUFF corresponde a coeficientes de dispersión usando turbulencia calculada desde la micrometeorología.
- Reacciones Químicas: Con el fin de determinar la generación de sulfatos (SO₄) y nitratos (NO₃) provenientes de las emisiones de cada proyecto en análisis, que aumentarán el MP₁₀ en la atmósfera, se ha considerado modelar dichos contaminantes mediante la opción de reacciones químicas Rivad-Arm en el modelo CALPUFF. Las emisiones consideradas para SO₄ corresponden al 5% de las emisiones de SO₂ y las emisiones consideradas para NO₃ corresponden al 1% de las emisiones de NO₂.

^k Datum WGS84, coordenadas UTM.

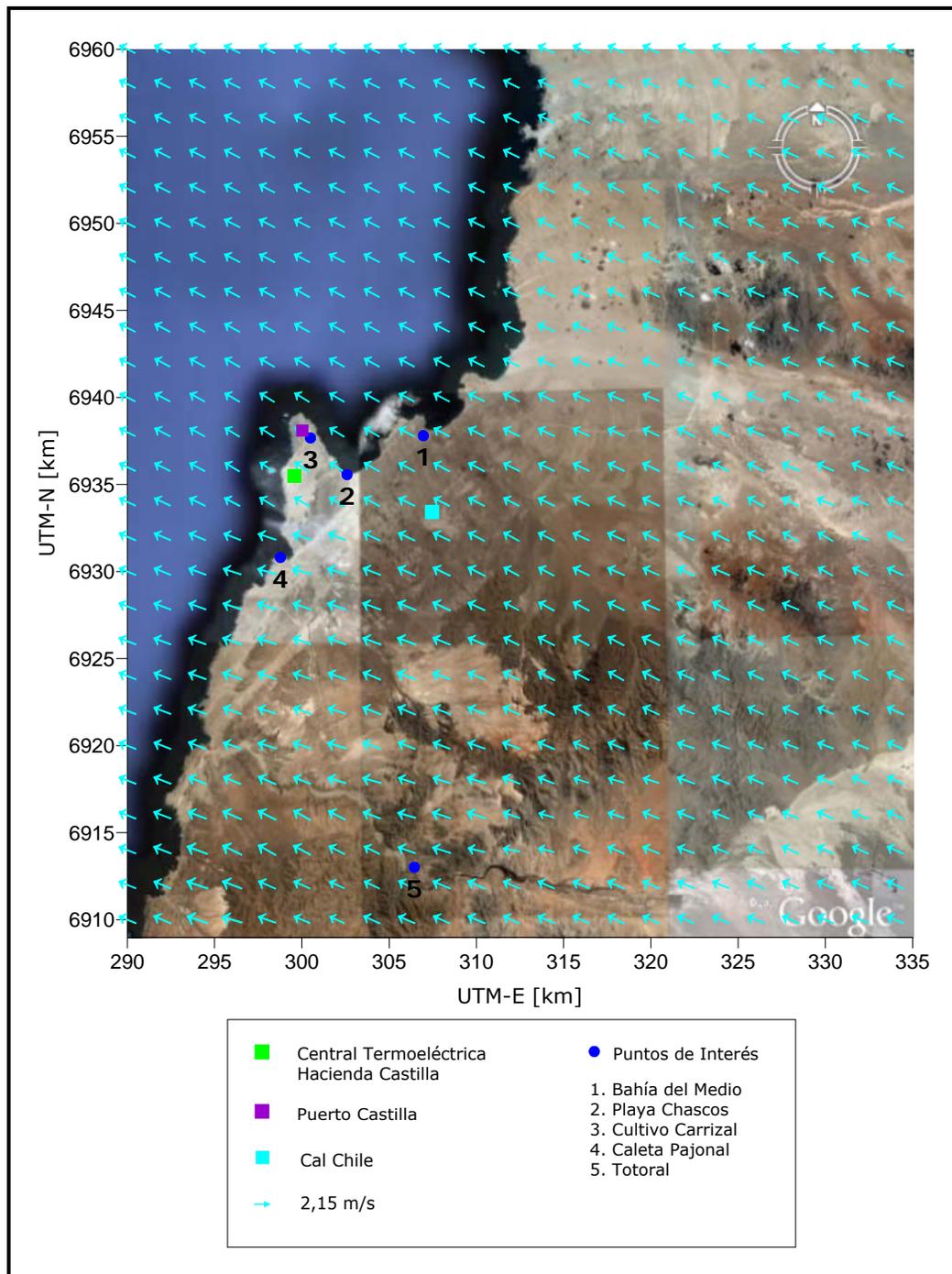
8 Resultados de la Modelación

8.1 Campos de Viento

Con la modelación meteorológica hecha con CALMET, se pudo identificar los campos de vientos a distintas horas del día en la zona de estudio, con objeto de determinar posteriormente la dispersión de los contaminantes.

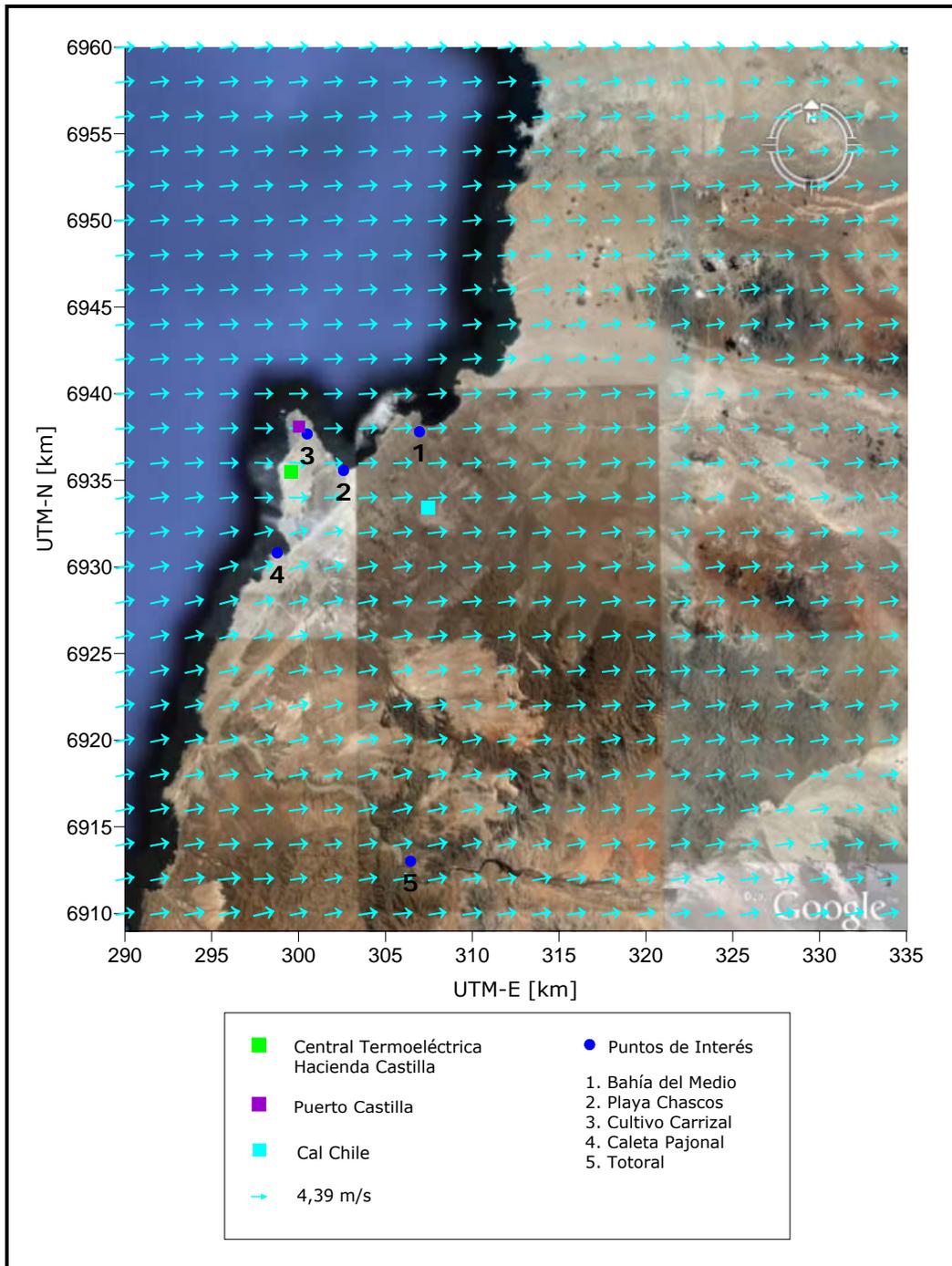
Las siguiente figuras presentan los campos de vientos predominantes, para el día con el máximo impacto en el período Octubre 2007 – Septiembre 2008, en la madrugada (6:00 hrs.), a medio día (12:00 hrs.), durante la tarde (18:00 hrs.) y en la noche (00:00 hrs.).

Figura N° 12
Campos de viento a las 06:00 horas



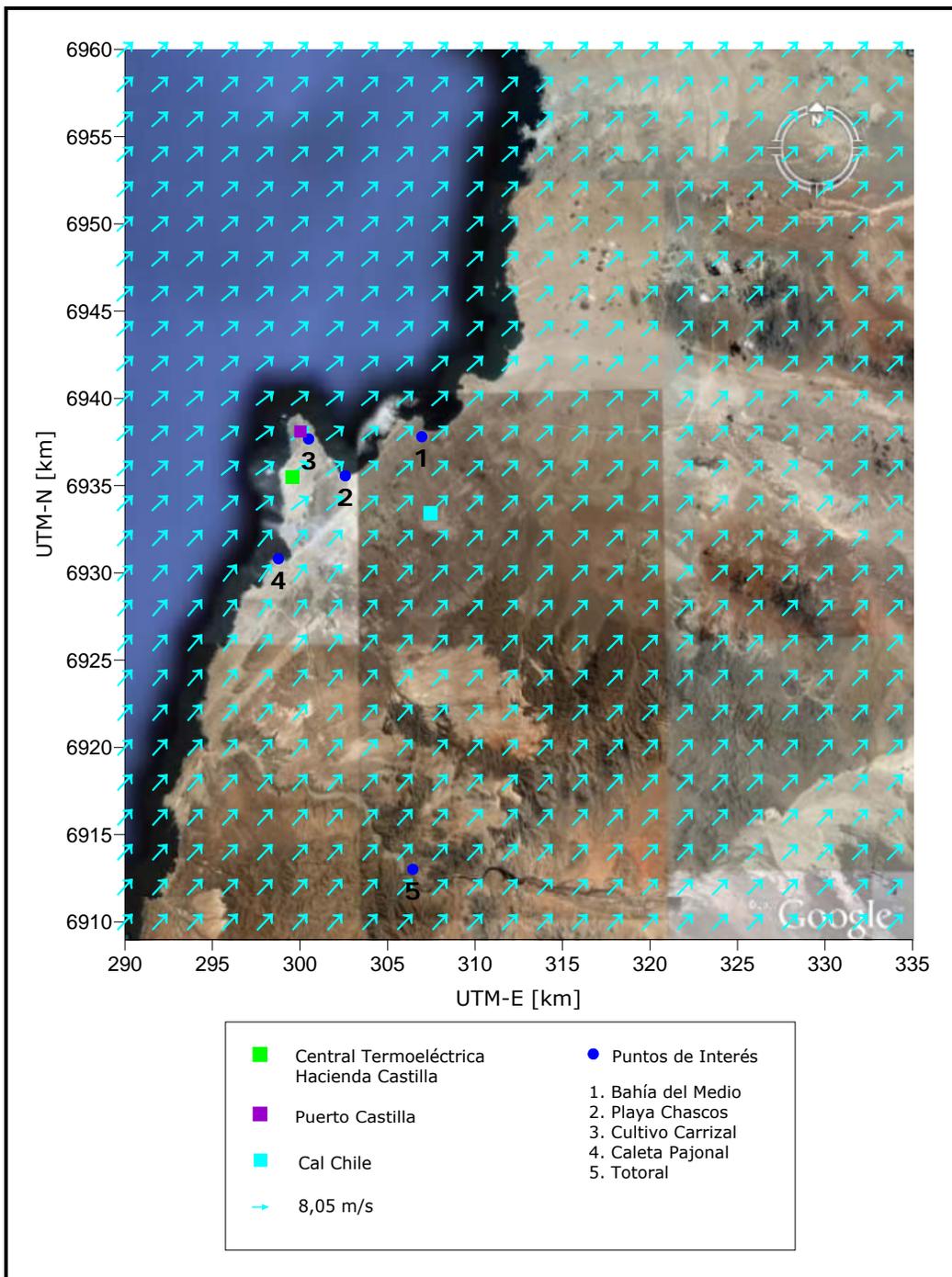
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 13
Campos de viento a las 12:00 horas



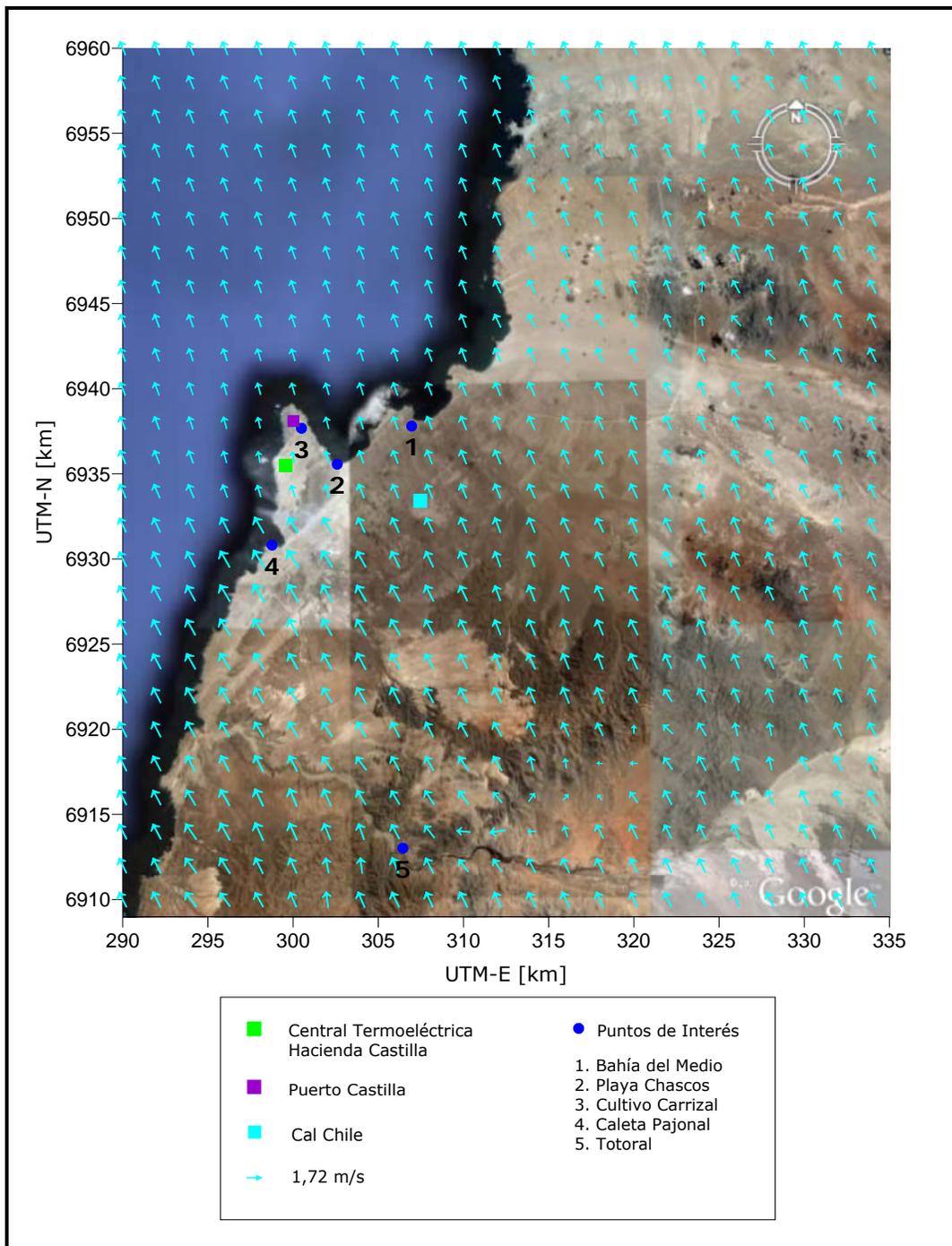
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 14
Campos de viento a las 18:00 horas



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 15
Campos de viento a las 00:00 horas



Fuente: Elaboración Propia.

8.2 Aportes Obtenidos en la Modelación

Mediante la aplicación del modelo CALPUFF fue posible obtener las concentraciones de SO_4 , NO_3 y MP_{10} que aportarán de manera conjunta los proyectos Puerto Castilla, Central Termoeléctrica Castilla y Proyecto CalChile, basándose en los campos de vientos generados por la modelación meteorológica realizada por CALMET.

La siguiente Tabla presenta las concentraciones obtenidas de la modelación en aquellos puntos donde se presentan los máximos aporte de MP_{10} en zonas pobladas (puntos de interés).

Tabla N° 36
Aportes de MP_{10} del Proyecto en Puntos de Interés
(Zona Poblada) ($\mu g/m^3 N$)

Escenario	Estadístico	Norma	Bahía del medio	Playa Chasco	Cultivo Carrizal	Caleta Pajonales	Totoral
Escenario 1	Media Anual	50	0,41	0,92	0,91	0,18	0,07
	P98 Prom. Diario	150	0,97	1,82	3,31	0,71	0,49
Escenario 2	Media Anual	50	1,16	1,87	2,93	0,62	0,34
	P98 Prom. Diario	150	4,63	7,91	13,16	3,86	2,24
Escenario 3	Media Anual	50	0,92	2,15	2,66	0,42	0,12
	P98 Prom. Diario	150	2,27	4,32	8,19	1,74	0,77
Escenario 4	Media Anual	50	1,69	3,14	4,65	0,86	0,38
	P98 Prom. Diario	150	5,59	9,12	15,08	4,35	2,82

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla anterior, se desprende que en cada escenario evaluado los aportes de a las concentraciones ambientales de MP_{10} serán inferiores a los valores límites establecidos en la normativa de calidad del aire vigente en el país.

Además se observa que en el punto de interés denominado "Cultivo Carrizal" se registran los mayores aportes de MP_{10} , siendo éste la zona poblada de mayor impacto. Lo anterior se debe a la cercanía de éste a los proyectos Puerto Castilla y Central Termoeléctrica Castilla (principales fuentes emisoras del área de modelación) y a los campos de vientos característicos del área de modelación, dirección Suroeste (SW).

La siguiente Tabla presenta los aportes obtenidos de la modelación en aquellos puntos donde se presentan las máximas concentraciones de MP_{10} dentro del área de modelación (Zona Despoblada).

Tabla N° 37
Aportes de MP₁₀ del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto
(Zona Despoblada) (µg/m³)

<i>Escenario</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Norma</i>	<i>PMI</i>	<i>% Norma</i>
Escenario 1	Media Anual	50	4,98	10
	P98 Prom. Diario	150	23,33	16
Escenario 2	Media Anual	50	6,24	12
	P98 Prom. Diario	150	17,45	12
Escenario 3	Media Anual	50	12,65	25
	P98 Prom. Diario	150	54,87	37
Escenario 4	Media Anual	50	12,73	25
	P98 Prom. Diario	150	43,21	29

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla anterior, se desprende que en cada escenario evaluado los aportes de a las concentraciones ambientales de MP₁₀ serán inferiores a los valores límites establecidos en la normativa de calidad del aire vigente en el país.

Además se observa que el *Escenario 3* (Etapa de operación proyecto "Puerto Castilla", Etapa de construcción proyecto "Central Termoeléctrica Castilla" y etapa de operación proyecto "CalChile") genera los mayores aportes de MP₁₀ respecto a los 3 escenarios restantes. Lo anterior se debe a que el mayor impacto en la calidad del aire en MP₁₀ son producto de las fuentes emisoras de carácter fugitivas provenientes de la operación del Puerto, cuyo impacto se produce en las cercanías de dichas actividades y a menor altura respecto de las emisiones generadas por chimeneas, cuyo impacto se produce en sectores más alejados de la fuente, debido a la velocidad y temperatura de salida de los gases además de la altura efectiva de la chimenea.

Cabe mencionar que las concentraciones obtenidas para MP₁₀ corresponden al aporte de las emisiones directas de MP₁₀ de los Proyectos, sumado los aportes de las concentraciones de SO₄ y NO₃ que posteriormente forman parte del MP₁₀ que afecta al entorno.

La tabla siguiente presenta el aporte de MP₁₀ desglosado según su origen, para punto de interés:

Tabla N° 38
Aporte Desagregado de MP₁₀ en Puntos de Interés (µg/m³N)

Escenario	Estadístico	Origen MP ₁₀	Bahía del Medio	Playa Chasco	Cultivo Carrizal	Caleta Pajonales	Totoral	PMI	Norma	% Norma (*)
Escenario 1	Media Anual	Directo	0,38	0,89	0,88	0,16	0,05	4,95	50	10
		Sulfatos(SO ₄)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		Nitratos(NO ₃)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03		
		Total	0,41	0,92	0,91	0,18	0,07	4,98		
	Percentil 98 Prom. Diario	Directo	0,97	1,81	3,30	0,70	0,12	23,32	150	16
		Sulfatos(SO ₄)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		
		Nitratos(NO ₃)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,36	0,01		
Total		0,97	1,82	3,31	0,71	0,49	23,33			
Escenario 2	Media Anual	Directo	0,70	1,23	1,98	0,37	0,14	5,50	50	12
		Sulfatos(SO ₄)	0,24	0,37	0,63	0,12	0,07	0,42		
		Nitratos(NO ₃)	0,22	0,27	0,32	0,13	0,13	0,32		
		Total	1,16	1,87	2,93	0,62	0,34	6,24		
	Percentil 98 Prom. Diario	Directo	1,85	4,64	7,99	1,61	1,04	13,75	150	12
		Sulfatos(SO ₄)	0,93	2,03	3,37	1,09	0,28	2,59		
		Nitratos(NO ₃)	1,85	1,24	1,80	1,16	0,92	1,11		
Total		4,63	7,91	13,16	3,86	2,24	17,45			
Escenario 3	Media Anual	Directo	0,89	2,12	2,63	0,40	0,10	12,62	50	25
		Sulfatos(SO ₄)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		Nitratos(NO ₃)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03		
		Total	0,92	2,15	2,66	0,42	0,12	12,65		
	Percentil 98 Prom. Diario	Directo	2,26	4,32	8,18	1,74	0,72	54,86	150	37
		Sulfatos(SO ₄)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		Nitratos(NO ₃)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,01		
Total		2,27	4,32	8,19	1,74	0,77	54,87			
Escenario 4	Media Anual	Directo	1,23	2,50	3,70	0,61	0,18	11,72	50	25
		Sulfatos(SO ₄)	0,24	0,37	0,63	0,12	0,07	0,66		
		Nitratos(NO ₃)	0,22	0,27	0,32	0,13	0,13	0,35		
		Total	1,69	3,14	4,65	0,86	0,38	12,73		
	Percentil 98 Prom. Diario	Directo	2,02	5,85	9,85	2,31	0,42	43,20	150	29
		Sulfatos(SO ₄)	0,95	2,03	3,94	0,80	0,45	0,00		
		Nitratos(NO ₃)	2,62	1,24	1,29	1,24	1,95	0,01		
Total		5,59	9,12	15,08	4,35	2,82	43,21			

(*): Porcentaje de la norma respecto al punto de máximo impacto

Fuente: Elaboración Propia.

Los aportes en el punto de máximo impacto en el mar, se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla N° 39
Aportes de MP₁₀ del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en el Mar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Escenario	Estadístico	Norma	PMI	% Norma
Escenario 1	Media Anual	50	0,69	1
	P98 Prom. Diario	150	1,68	1
Escenario 2	Media Anual	50	1,86	4
	P98 Prom. Diario	150	8,81	6
Escenario 3	Media Anual	50	1,61	3
	P98 Prom. Diario	150	3,60	2
Escenario 4	Media Anual	50	2,69	5
	P98 Prom. Diario	150	10,31	7

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla anterior se observa que los máximos aportes producidos en el mar, son generados en los escenarios que consideran la etapa de operación en forma simultánea de los proyectos "Puerto Castilla", "Central Termoeléctrica Castilla" y "CalChile".

La siguiente Tabla presenta las concentraciones obtenidas de la modelación en aquellos puntos donde se presentan los máximos aporte de MPS en zonas pobladas (puntos de interés).

Tabla N° 40
Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto (Zona Poblada) ($\text{mg}/\text{m}^2\text{-día}$)

Escenario	Estadístico	Norma	Bahía del medio	Playa Chasco	Cultivo Carrizal	Caleta Pajonales	Total
Escenario 1	Media Anual	100	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00
	Media Mensual	150	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00
Escenario 2	Media Anual	100	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00
	Media Mensual	150	0,01	0,02	0,07	0,00	0,00
Escenario 3	Media Anual	100	0,02	0,08	0,04	0,01	0,00
	Media Mensual	150	0,03	0,13	0,05	0,01	0,00
Escenario 4	Media Anual	100	0,02	0,07	0,05	0,01	0,00
	Media Mensual	150	0,03	0,10	0,09	0,01	0,01

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla anterior, se desprende que en cada escenario evaluado los aportes de las concentraciones ambientales de MPS serán inferiores a los valores límites establecidos en la normativa de calidad del aire vigente en el país.

En cuanto al material particulado sedimentable MPS, las siguientes Tablas presentan el aporte en el punto de máximo impacto producido tanto en la zona despoblada como en el mar.

Tabla N° 41
Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en Zona Despoblada (mg/m^2 -día)

Escenario	Estadístico	Norma	PMI	% Norma
Escenario 1	Media Mensual	150	0,17	0,11
	Media Anual	100	0,10	0,10
Escenario 2	Media Mensual	150	0,17	0,11
	Media Anual	100	0,14	0,14
Escenario 3	Media Mensual	150	0,47	0,31
	Media Anual	100	0,29	0,29
Escenario 4	Media Mensual	150	0,40	0,27
	Media Anual	100	0,25	0,25

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 42
Aportes de MPS del Proyecto en el Punto de Máximo Impacto en el Mar (mg/m^2 -día)

Escenario	Estadístico	Norma	PMI	% Norma
Escenario 1	Media Mensual	150	0,02	0,01
	Media Anual	100	0,01	0,01
Escenario 2	Media Mensual	150	0,03	0,02
	Media Anual	100	0,01	0,01
Escenario 3	Media Mensual	150	0,04	0,03
	Media Anual	100	0,04	0,04
Escenario 4	Media Mensual	150	0,04	0,03
	Media Anual	100	0,03	0,03

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los aportes de material particulado sedimentable obtenidos de la modelación tanto en la zona despoblada como en el mar, son marginales respecto a los valores límites establecidos en la normativa vigente.

8.3 Ubicación Puntos de Máximo Impacto

Las siguientes Tablas presentan la ubicación de los Puntos de Máximo Impacto (PMI) tanto para el material particulado respirable MP_{10} como para el material particulado sedimentable MPS, registrados en el área de modelación.

Tabla N° 43
Ubicación Punto de Máximo Impacto de MP_{10} en Zona Despoblada

<i>Escenario</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>
Escenario 1	Media Anual	301.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000
Escenario 2	Media Anual	301.000	6.933.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000
Escenario 3	Media Anual	301.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000
Escenario 4	Media Anual	301.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 44
Ubicación Punto de Máximo Impacto de MP_{10} en el Mar

<i>Escenario</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>
Escenario 1	Media Anual	303.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	306.000	6.939.000
Escenario 2	Media Anual	302.000	6.937.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.939.000
Escenario 3	Media Anual	303.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	299.000	6.937.000
Escenario 4	Media Anual	302.000	6.937.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.940.000

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 45
Ubicación Punto de Máximo Impacto de MPS en Zona Despoblada

<i>Escenario</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>
Escenario 1	Media Anual	301.000	6.937.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000
Escenario 2	Media Anual	308.000	6.925.000
	P98 Prom. Diario	308.000	6.925.000
Escenario 3	Media Anual	301.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000
Escenario 4	Media Anual	301.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.936.000

Fuente: Elaboración Propia.

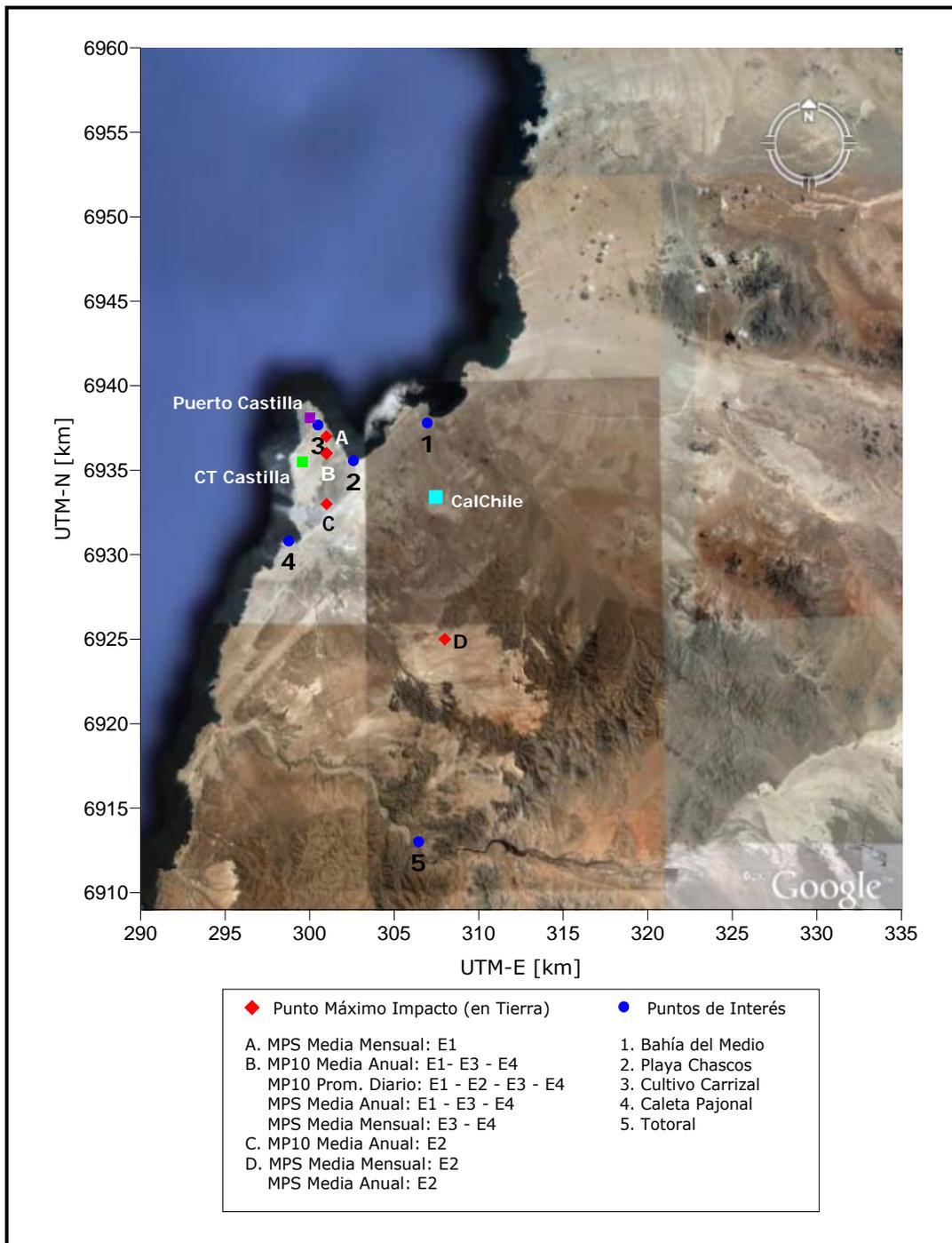
Tabla N° 46
Ubicación Punto de Máximo Impacto de MPS en el Mar

<i>Escenario</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Este (m)</i>	<i>Norte (m)</i>
Escenario 1	Media Anual	299.000	6.937.000
	P98 Prom. Diario	303.000	6.936.000
Escenario 2	Media Anual	301.000	6.939.000
	P98 Prom. Diario	301.000	6.939.000
Escenario 3	Media Anual	303.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	303.000	6.936.000
Escenario 4	Media Anual	303.000	6.936.000
	P98 Prom. Diario	303.000	6.936.000

Fuente: Elaboración Propia.

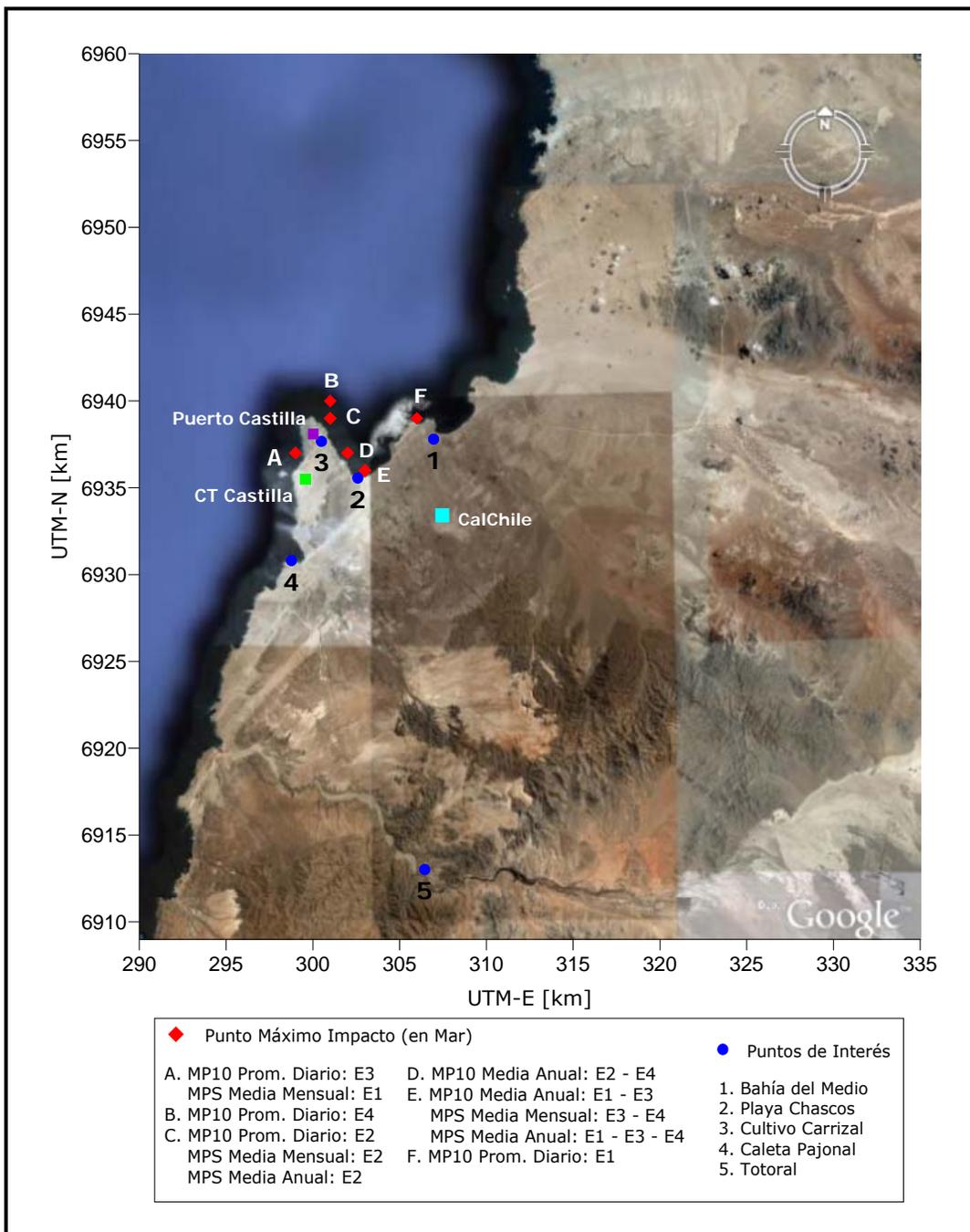
Las siguientes Figuras presentan la ubicación de los PMI para material particulado respirable MP_{10} y material particulado sedimentable MPS, tanto en la zona despoblada como en el mar.

Figura N° 16
Ubicación Puntos de Máximo Impacto MP_{10} (Zona Despoblada)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 17
Ubicación Puntos de Máximo Impacto MP₁₀ (Mar)



Fuente: Elaboración Propia.

8.4 Análisis de Cumplimiento de Normativa Ambiental

A continuación se evaluará el cumplimiento de la normativa chilena, especificada para material particulado respirable MP_{10} , para determinar si se alteran las condiciones de la calidad del aire del entorno.

Para lo anterior se suman los valores de concentración modelados, con los valores de la línea base registrada en el entorno del proyecto, para el periodo Octubre 2007 – Septiembre 2008, para ello, se ha considerado que los puntos de interés (receptores) poseen igual línea de base. Lo anterior se presenta en la siguiente Tabla.

Debido a que no se cuenta con valores de línea de base medido para material particulado sedimentable MPS no es posible realizar el análisis de cumplimiento de normativa antes mencionado. Sin embargo cabe señalar que al comparar los aportes obtenidos de la modelación con la normativa respectiva, éstos no alcanzan el 1% de los límites establecidos, tanto anual como mensual.

Tabla N° 47
Análisis del Cumplimiento de la Normativa Vigente MP_{10} ($\mu g/m^3N$)
Puntos de Interés (Zona Poblada)

Escenario	Receptor	Estadístico	Línea Base (LB)	Aporte Proyecto (AP)	LB + AP	Norma	% Norma
Escenario 1	Bahía del Medio	Media Anual	25	0,41	25,41	50	51
		P98 Prom. Diario	53	0,97	53,97	150	36
	Playa Chascos	Media Anual	25	0,92	25,92	50	52
		P98 Prom. Diario	53	1,82	54,82	150	37
	Cultivo Carrizal	Media Anual	25	0,91	25,91	50	52
		P98 Prom. Diario	53	3,31	56,31	150	38
	Caleta Pajonal	Media Anual	25	0,18	25,18	50	50
		P98 Prom. Diario	53	0,71	53,71	150	36
Totoral	Media Anual	25	0,07	25,07	50	50	
	P98 Prom. Diario	53	0,49	53,49	150	36	
Escenario 2	Bahía del Medio	Media Anual	25	1,16	26,16	50	52
		P98 Prom. Diario	53	4,63	57,63	150	38
	Playa Chascos	Media Anual	25	1,87	26,87	50	54
		P98 Prom. Diario	53	7,91	60,91	150	41
	Cultivo Carrizal	Media Anual	25	2,93	27,93	50	56
		P98 Prom. Diario	53	13,16	66,16	150	44
	Caleta Pajonal	Media Anual	25	0,62	25,62	50	51
		P98 Prom. Diario	53	3,86	56,86	150	38
Totoral	Media Anual	25	0,34	25,34	50	51	
	P98 Prom. Diario	53	2,24	55,24	150	37	

Escenario	Receptor	Estadístico	Línea Base (LB)	Aporte Proyecto (AP)	LB + AP	Norma	% Norma
Escenario 3	Bahía del Medio	Media Anual	25	0,92	25,92	50	52
		P98 Prom. Diario	53	2,27	55,27	150	37
	Playa Chascos	Media Anual	25	2,15	27,15	50	54
		P98 Prom. Diario	53	4,32	57,32	150	38
	Cultivo Carrizal	Media Anual	25	2,66	27,66	50	55
		P98 Prom. Diario	53	8,19	61,19	150	41
	Caleta Pajonal	Media Anual	25	0,42	25,42	50	51
		P98 Prom. Diario	53	1,74	54,74	150	36
Totoral	Media Anual	25	0,12	25,12	50	50	
	P98 Prom. Diario	53	0,77	53,77	150	36	
Escenario 4	Bahía del Medio	Media Anual	25	1,69	26,69	50	53
		P98 Prom. Diario	53	5,59	58,59	150	39
	Playa Chascos	Media Anual	25	3,14	28,14	50	56
		P98 Prom. Diario	53	9,12	62,12	150	41
	Cultivo Carrizal	Media Anual	25	4,65	29,65	50	59
		P98 Prom. Diario	53	15,08	68,08	150	45
	Caleta Pajonal	Media Anual	25	0,86	25,86	50	52
		P98 Prom. Diario	53	4,35	57,35	150	38
Totoral	Media Anual	25	0,38	25,38	50	51	
	P98 Prom. Diario	53	2,82	55,82	150	37	

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla anterior se puede observar que en los puntos de interés (receptores), al sumar la línea de base con los aportes entregados por la modelación, no se supera el 60% del valor límite establecido por la normativa ambiental vigente para material particulado MP₁₀.

Cabe señalar que el análisis de cumplimiento de la normativa es referencial para el promedio del periodo, puesto que no se cuenta con el periodo mínimo requerido por la normativa (promedio aritmético de 3 años consecutivos).

El análisis de cumplimiento de la normativa ambiental vigente para el punto de máximo impacto¹, se presenta en la siguiente Tabla.

¹ Punto Máximo Impacto: Punto en el cual se presentan las máximas concentraciones MP₁₀ en el área de modelación.

Tabla N° 48
Análisis del Cumplimiento de la Normativa Vigente MP₁₀ (µg/m³N)
Punto Máximo Impacto (Zona Despoblada)

Escenario	Estadístico	Línea Base (LB)	Aporte Proyecto (AP)	LB + AP	Norma	% Norma
Escenario 1	Media Anual	25	4,98	29,98	50	60
	P98 Prom. Diario	53	23,33	76,33	150	51
Escenario 2	Media Anual	25	6,24	31,24	50	62
	P98 Prom. Diario	53	17,45	70,45	150	47
Escenario 3	Media Anual	25	12,65	37,65	50	75
	P98 Prom. Diario	53	54,87	107,87	150	72
Escenario 4	Media Anual	25	12,73	37,73	50	75
	P98 Prom. Diario	53	43,21	96,21	150	64

Fuente: Elaboración Propia.

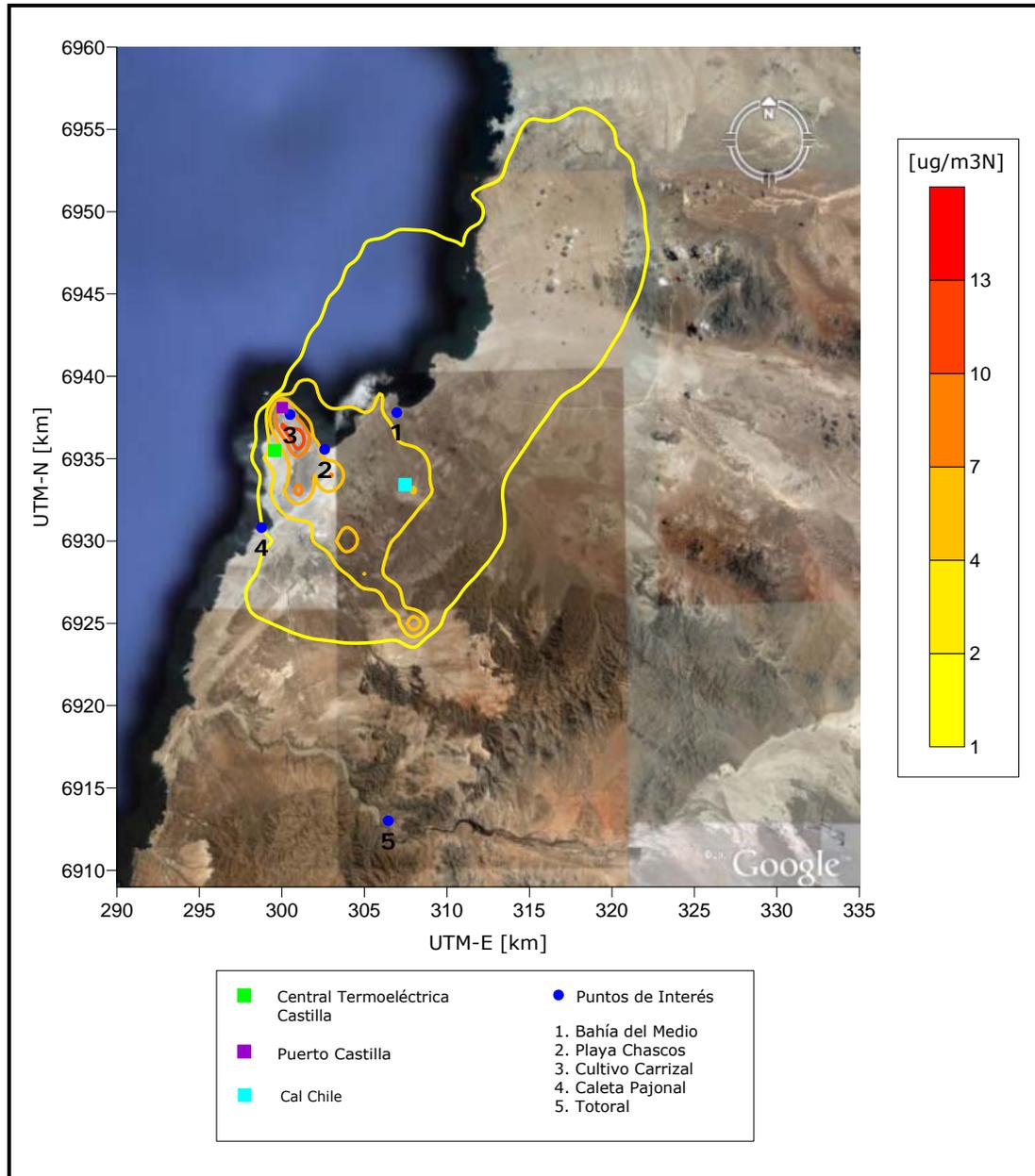
De la Tabla anterior se puede observar que al sumar la línea de base con las concentraciones obtenidas en el punto de máximo impacto, no se supera el 80% del valor límite establecido por la normativa ambiental vigente para material particulado MP₁₀.

8.5 Mapas de Isoconcentraciones

A continuación se presentan las isolíneas de concentración en el entorno del Proyecto, tanto para el promedio del periodo como para el percentil 98 promedio diario de MP₁₀ y para el promedio del periodo y mensual de MPS, correspondientes al escenario de modelación 4.

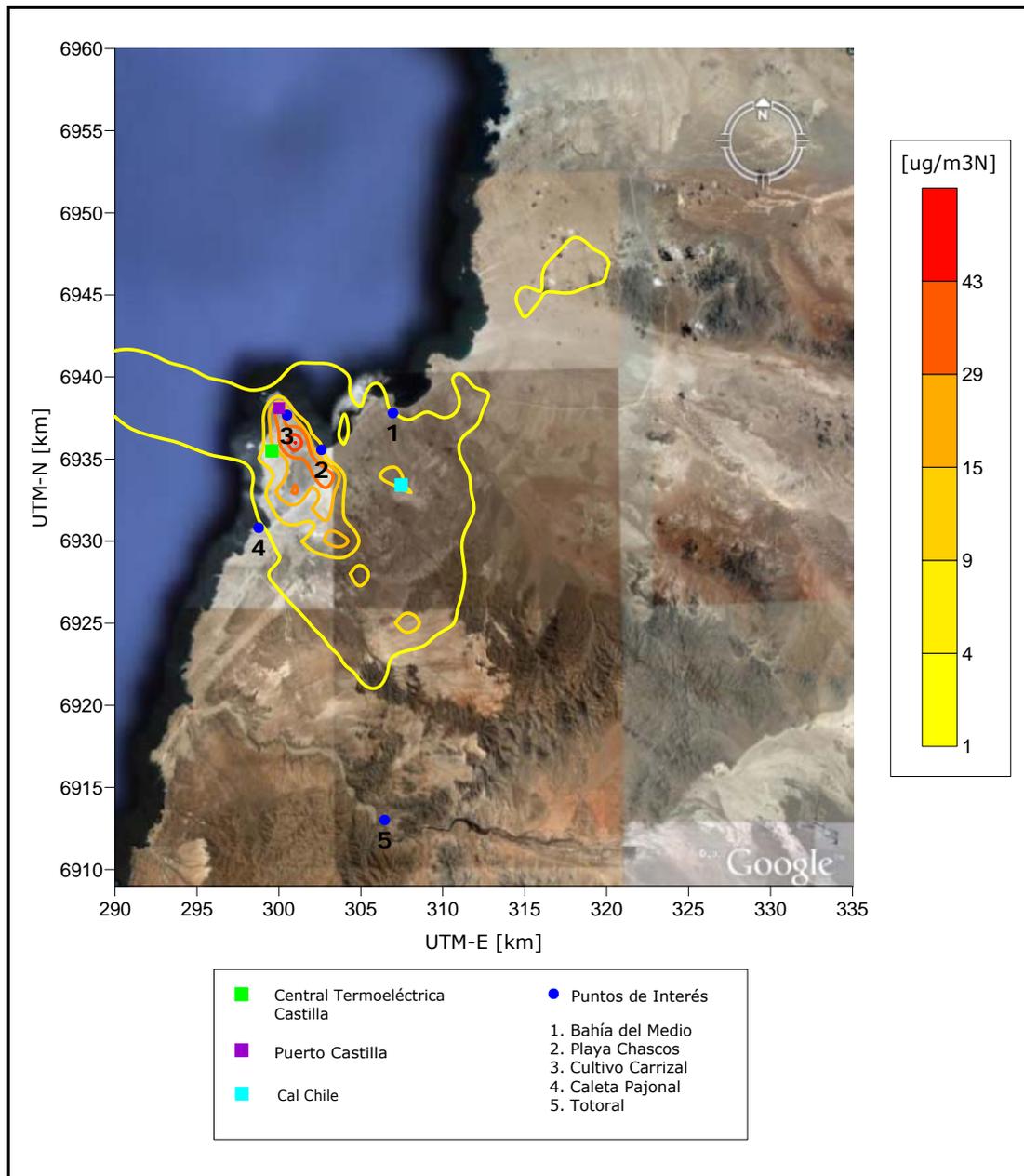
La selección de dicho escenario, se debe principalmente a que el impacto producido por las emisiones generadas en la etapa de operación del proyecto "Puerto Castilla" y "Central Termoeléctrica Castilla" se producirán a lo largo de la vida útil de dichos Proyecto (50 años y 30 años, respectivamente).

Figura N° 18
Concentración Promedio del Periodo de MP₁₀ en
Punto de Máximo Impacto



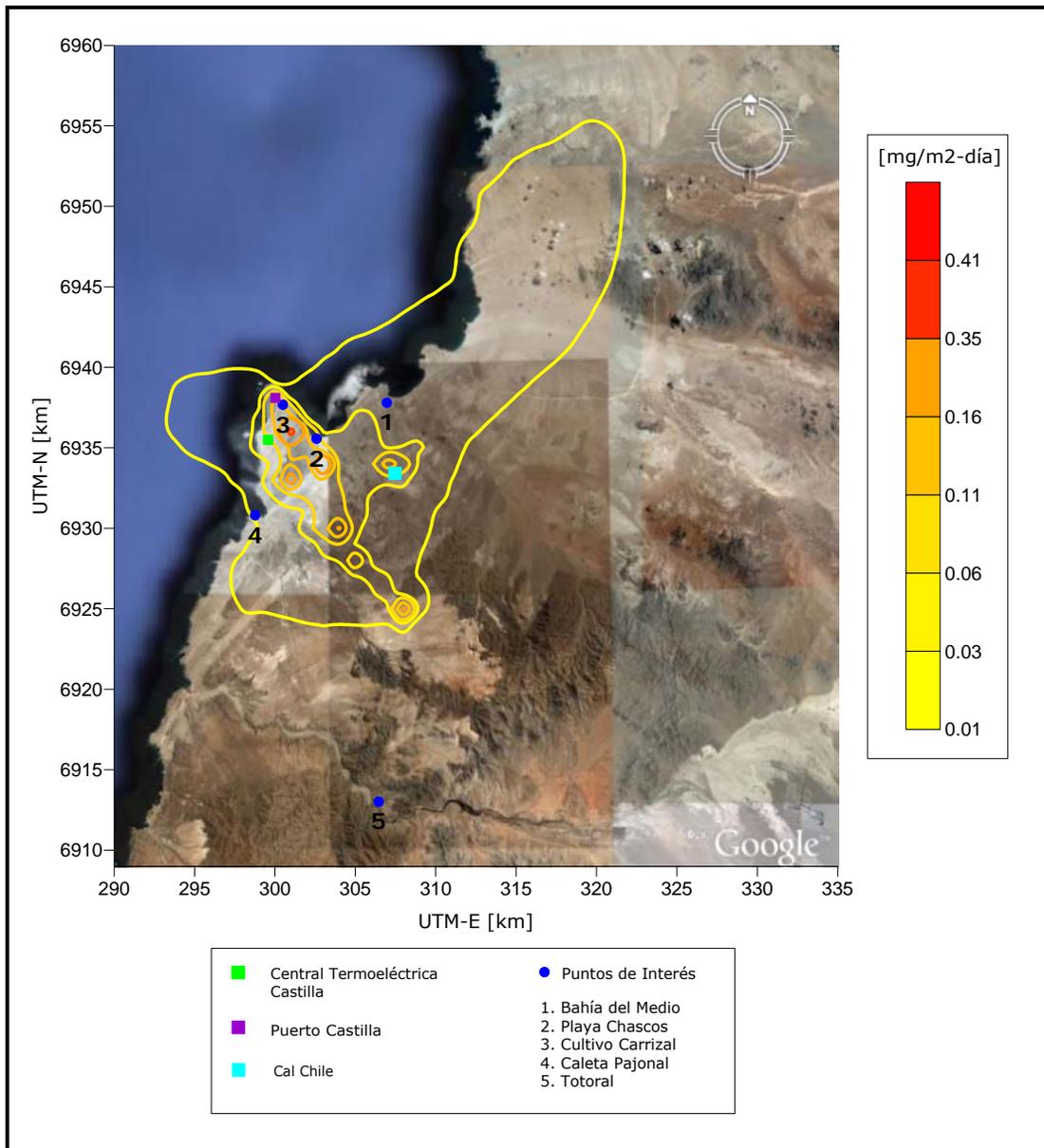
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 19
Percentil 98 Promedio Diario de MP₁₀ en
Punto de Máximo Impacto



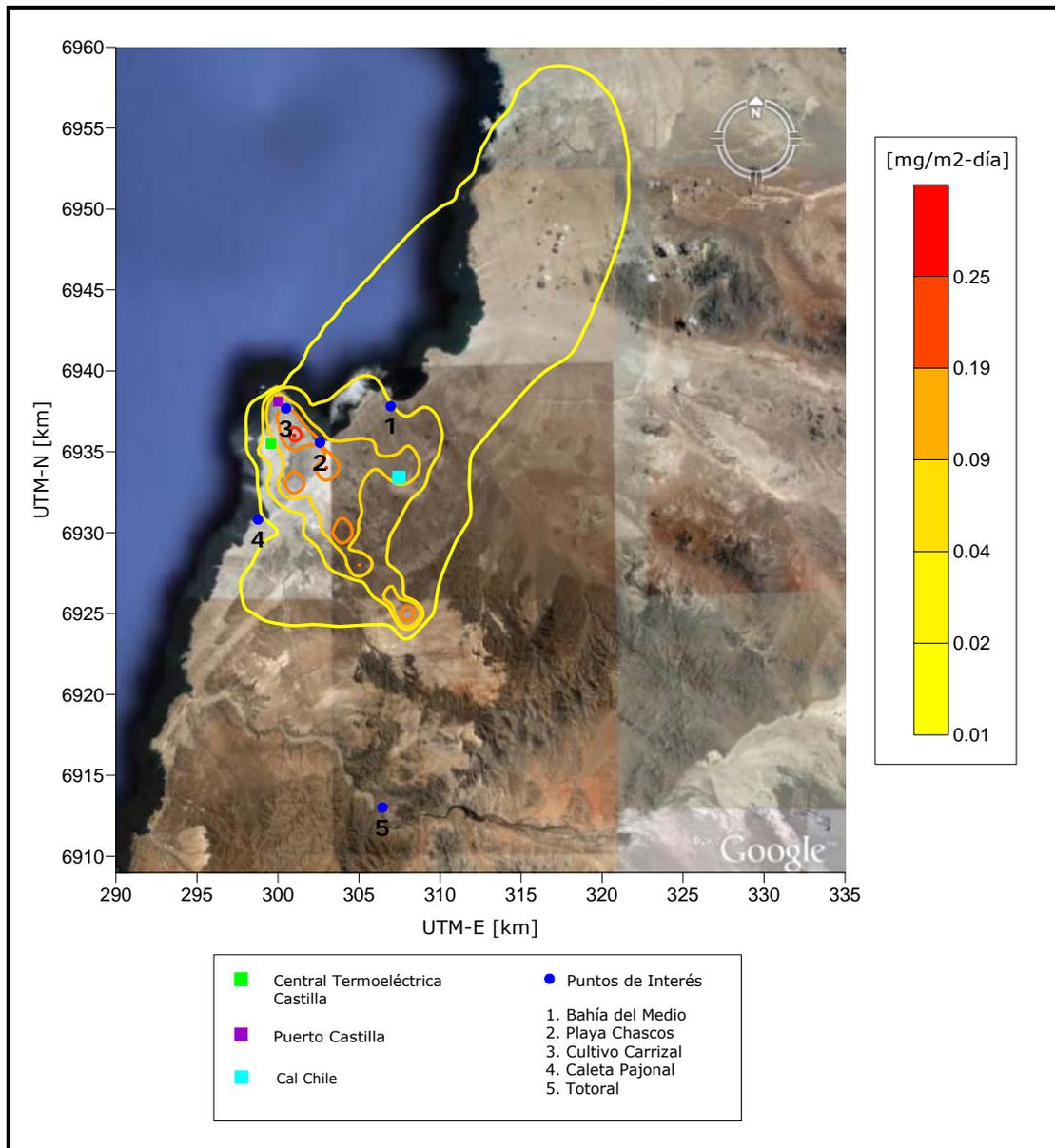
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 20
Media Mensual MPS en
Punto de Máximo Impacto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 21
Media Anual MPS en
Punto de Máximo Impacto



Fuente: Elaboración Propia.

9 CONCLUSIONES

Según lo expuesto en las secciones anteriores, el Proyecto no provocará efectos adversos significativos sobre la calidad del aire de su entorno puesto que:

- El aporte de MP_{10} obtenido corresponde al aporte directo de MP_{10} emitido por los Proyectos evaluados y el MP_{10} generado por la sedimentación de nitratos y sulfatos, asociados a las emisiones de SO_x y NO_x de los Proyectos.
- Los aportes generados por los Proyectos en los 4 escenarios evaluados son inferiores a lo estipulado en la normativa vigente en Chile, para Material Particulado Respirable MP_{10} y para Material Particulado Sedimentable MPS.
- De los cuatro escenarios evaluados, el que aporta las mayores concentraciones en las zonas pobladas (puntos de interés) corresponde al Escenario 4, es decir, etapa de operación proyectos "Puerto Castilla", "Central Termoeléctrica Castilla" y "Calchile", en el cual el sector Cultivo Carrizal es quien presenta las mayores concentraciones.
- Respecto del punto de máximo impacto se observa que las concentraciones en zonas despobladas son mayores a las obtenidas en el mar, sin embargo éstas se encuentran bajo los límites establecidos en la normativa respectiva.
- Al sumar los aportes de la operación conjunta, en las distintas etapas de ejecución de cada Proyecto a instalarse en el área de estudio, con la línea de base medida en su entorno, la cual se encuentra bajo el límite máximo permitido para MP_{10} , se obtienen valores de concentraciones tanto para el percentil 98 promedio diario como para el promedio del periodo de MP_{10} inferiores al 60% de los valores límites establecidos en la norma de calidad del aire aplicable a dicho contaminante en los puntos de interés poblados.
- Para el caso del punto de máximo impacto (zona despoblada), al sumar la línea de base medida con los aportes de MP_{10} obtenidos en la modelación de los 4 escenarios tanto para las concentraciones promedio anual como para el percentil 98 promedio diario no se supera el 80% del valor límite establecido en la normativa ambiental vigente.
- De lo anterior se deduce que el proyecto "Puerto Castilla" no altera significativamente las actuales condiciones de calidad del aire de su entorno respecto de la operación conjunta con los proyectos Central Termoeléctrica Castilla y Proyecto CalChile en cualquiera de sus etapas de ejecución.

ANEXO I

	Asesorías Algoritmos Ltda. Formulario, Informe Resultados Determinación de Humedad y Granulometría	Código: FLAB-SYS/03 Doc. Madre: ILAB-SYS/03
	N° Informe: 005	

COPIA

Fecha Recepción Muestras: 10/06/2010
 Fecha emisión Informe: 16/06/2010
 Cliente: Área Modelación Atmosférica, Proyecto ATM 28/10

N° Muestra	Identificación	Peso total (g) Muestra Ingresada	Peso muestra analizada (g)	% Humedad	% < 200 # Ty
1	Ruta 1 Puerto	1403,06	656,37	0,82	3,23
2	Planta	1037,22	630,42	0,33	1,90
3	Cultivo	760,77	620,16	0,30	1,48

Nota 1: Los valores entregados corresponden a muestras proporcionadas por el cliente
 Nota 2: Este informe no puede ser reproducido sin la autorización escrita del Laboratorio



Jefe Laboratorio

Asesorías Algoritmos Ltda.
 Seminario 180, Providencia, Santiago de Chile
 Fono / Fax: 56-2-3679613
<http://www.algoritmos.cl>

Edición N°1
Página 1 de 1