

MINERA LOS PELAMBRES

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

LÍNEA DE BASE. SECCIÓN I

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

LÍNEA DE BASE. SECCIÓN I

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBJETIVO	1
2. COMPONENTES.....	2
2.1. Componentes estudiados a nivel de área de influencia	2
2.1.1. Medio ambiente físico.....	2
2.1.2. Ecosistemas terrestres	3
2.1.3. Ecosistemas acuáticos continentales	3
2.1.4. Ecosistemas marinos.....	3
2.1.5. Elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio cultural.....	3
2.1.6. Paisaje.....	4
2.1.7. Áreas protegidas y sitios prioritarios para la conservación.....	4
2.1.8. Atractivos naturales o culturales y sus interrelaciones	4
2.1.9. Uso del territorio y su relación con la planificación territorial	4
2.1.10. Medio humano.....	4
2.2. Componentes descritos a nivel de contexto.....	5
2.2.1. Medio ambiente físico.....	5
2.2.2. Ecosistemas acuáticos continentales	6
2.2.3. Uso del territorio y su relación con la planificación territorial	6
2.2.4. Proyectos con RCA	6
2.3. Componentes no caracterizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental	6
3. MEDIO FÍSICO.....	8
3.1. Atmósfera: Calidad del Aire	8
3.1.1. Objetivos	10
3.1.2. Área de influencia.....	10
3.1.2.1. Criterios generales	10
3.1.2.2. Aplicabilidad de criterios.....	11
3.1.3. Metodología.....	17
3.1.3.1. Material particulado respirable (MP ₁₀ y MP _{2,5})	18
3.1.3.2. Gases	20
3.1.3.3. Material particulado sedimentable (MPS).....	21

3.1.4.	Normativa aplicable	23
3.1.5.	Resultados	25
3.1.5.1.	Antecedentes generales.....	25
3.1.5.2.	Área El Chacay	27
3.1.5.3.	Área Punta Chungo – Pupío	71
3.1.6.	Evolución sin considerar la ejecución del Proyecto.....	100
3.1.7.	Síntesis de resultados	101
3.2.	Atmósfera: Ruido.....	111
3.2.1.	Objetivos	111
3.2.2.	Área de influencia.....	112
3.2.2.1.	Criterios generales.....	112
3.2.2.2.	Aplicación de criterios	112
3.2.3.	Metodología.....	116
3.2.4.	Receptores del Proyecto	117
3.2.4.1.	Receptores humanos	117
3.2.4.2.	Receptores animales silvestres.....	136
3.2.5.	Resultados	139
3.2.5.1.	Antecedentes generales.....	139
3.2.5.2.	Resultados campaña de medición	140
3.2.6.	Evolución del componente sin considerar la ejecución del Proyecto.....	144
3.2.7.	Síntesis de los resultados	144
3.3.	Atmósfera: Vibraciones.....	145
3.3.1.	Objetivos	145
3.3.2.	Área de influencia.....	146
3.3.2.1.	Criterios generales	146
3.3.2.2.	Aplicación de criterios	146
3.3.3.	Metodología.....	150
3.3.4.	Receptores del Proyecto	151
3.3.5.	Resultados	153
3.3.5.1.	Antecedentes generales.....	153
3.3.5.2.	Resultados campaña de medición	153
3.3.6.	Evolución del componente sin considerar la ejecución del Proyecto.....	159
3.3.7.	Síntesis de los resultados	159
4.	HIDRÓSFERA. RECURSOS HÍDRICOS CONTINENTALES.....	161
4.1	Calidad de aguas superficiales	161

4.1.1	Objetivos	161
4.1.2	Área de influencia	162
4.1.2.1	Criterios generales	162
4.1.2.2	Aplicabilidad de criterios.....	162
4.1.3	Metodología	164
4.1.3.1	Recopilación de datos en gabinete	164
4.1.3.2	Campaña de terreno	165
4.1.3.3	Análisis de evolución temporal y comparación con normativa de calidad de aguas	168
4.1.4	Resultados	171
4.1.4.1	Parámetros In Situ	172
4.1.4.2	Parámetros Físico-Químicos.....	177
4.1.4.3	Análisis resultados de campaña de terreno.....	190
4.1.4.4	Diagramas de Piper	190
4.1.4.5	Diagramas de Stiff.....	191
4.1.4.6	Comparación con normativa	193
4.1.5	Evolución de la calidad de aguas superficiales sin considerar la ejecución del Proyecto	196
4.1.6	Síntesis de resultados.....	196
4.1.7	Bibliografía	197

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo LB-1:	Caracterización Ambiental
Anexo LB-2:	Normas de referencia calidad del aire y ruidos
Anexo CA-1:	Respaldo de calibraciones y mantenciones red de monitoreo de calidad del aire y meteorología (extracto informes aseguramiento calidad SGS)
Anexo CA-2:	Oficio Ordinario N° CE: 712/2011 SEA
Anexo RU-1:	Línea de Base Niveles de Ruido
Anexo RU-2:	Localización de los Receptores en el Área Punta Chungo - Pupío
Anexo VI-1:	Línea de Base Vibraciones
Anexo VI-2:	Localización de los Receptores en el Área Punta Chungo - Pupío

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla AI-1:	Estaciones monitoras y parámetros monitoreados. Área El Chacay. 13
Tabla AI-2:	Estaciones monitoras y parámetros monitoreados. Área Punta Chungo – Pupío 13
Tabla CA-1:	Parámetros monitoreados y periodo de medición de cada estación. Área El Chacay 17
Tabla CA-2:	Parámetros monitoreados y periodo de medición de cada estación. Área Punta Chungo-Pupío..... 18
Tabla CA-3:	Estaciones de monitoreo utilizadas para caracterización de MP10 y MP2,5..... 18
Tabla CA-4:	Frecuencia y periodo de mediciones por parámetro 19
Tabla CA-5:	Estaciones de monitoreo de gases 20
Tabla CA-6:	Equipos utilizados en la medición de gases..... 21
Tabla CA-7:	Estaciones de MPS a considerar por el Proyecto 21
Tabla CA-8:	Cálculo de estadísticos para normas de calidad del aire vigentes en Chile 23
Tabla CA-9:	Normas secundarias de referencia 24
Tabla CA-10:	Concentraciones promedio de MP10 registradas entre el año 1999 y 2002 26
Tabla CA-11:	Cumplimiento Norma diaria MP10 Percentil 98 diario 29
Tabla CA-12:	Cumplimiento Norma primaria de MP10 Promedio Anual 30
Tabla CA-13:	Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia - MP10 2° Max diario 33
Tabla CA-14:	Cumplimiento Norma Diaria MP2,5 Percentil 98 diario 35
Tabla CA-15:	Cumplimiento Norma Primaria - Promedio Anual MP2,5 37
Tabla CA-16:	Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia MP2,5 Percentil 98 diario 39
Tabla CA-17:	Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia Anual MP2,5 41
Tabla CA-18:	Cumplimiento Norma NO ₂ , Percentil 99 horario 43
Tabla CA-19:	Cumplimiento Norma Promedio Anual NO ₂ 44
Tabla CA-20:	Cumplimiento Norma secundaria de referencia, promedio anual NO ₂ 45
Tabla CA-21:	Cumplimiento Norma SO ₂ , Percentil 99 diario..... 49
Tabla CA-22:	Cumplimiento Norma Promedio Anual de SO ₂ 51
Tabla CA-23:	Cumplimiento Norma Secundaria de SO ₂ 54
Tabla CA-24:	Cumplimiento Norma CO, Percentil 99 horario (30 mg/m ³ N) 58
Tabla CA-25:	Cumplimiento Norma CO Percentil 99 8 horas (10 mg/m ³ N)..... 60

Tabla CA-26:	Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Percentil 99 de 8 horas (promedio móvil).....	64
Tabla CA-27:	Cumplimiento Norma Secundaria de referencia para Ozono (4° Máximo diario).....	66
Tabla CA-28:	Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Mensual) Periodo 2012 – 2014	70
Tabla CA-29:	Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Anual) Periodo 2012 – 2014	71
Tabla CA-30:	Cumplimiento Norma diaria MP10 Percentil 98 diario	72
Tabla CA-31:	Cumplimiento Norma Anual MP10 Promedio Anual.....	73
Tabla CA-32:	Cumplimiento Norma diaria MP10 2° Máximo diario	74
Tabla CA-33:	Cumplimiento Norma Diaria MP2,5 Percentil 98 diario	75
Tabla CA-34:	Cumplimiento Norma Promedio Anual MP2,5.....	76
Tabla CA-35:	Cumplimiento Norma Diaria MP2,5 Percentil 98 diario	77
Tabla CA-36:	Cumplimiento Norma Anual MP2,5.....	78
Tabla CA-37:	Cumplimiento Norma NO2, P99 horario	79
Tabla CA-38:	Cumplimiento Norma Promedio Anual NO2 (100 µg/m3N).....	80
Tabla CA-39:	Cumplimiento Norma Anual NO2 (100 µg/m3N).....	81
Tabla CA-40:	Cumplimiento Norma SO2, P99 diario de las concentraciones.....	84
Tabla CA-41:	Cumplimiento Norma Promedio Anual SO2.....	85
Tabla CA-42:	Cumplimiento Norma Secundaria de SO2.....	87
Tabla CA-43:	Cumplimiento Norma CO, P99 horario (30 mg/m3N).....	91
Tabla CA-44:	Cumplimiento Norma CO P99 8 horas (10 mg/m3N).....	92
Tabla CA-45:	Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Percentil 99 de 8 horas (promedio móvil).....	95
Tabla CA-46:	Cumplimiento Norma Secundaria de referencia para Ozono (150 ug/m3N)	96
Tabla CA-47:	Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Mensual) Periodo 2012 – 2014	99
Tabla CA-48:	Estadísticos para MP10.....	102
Tabla CA-49:	Estadísticos para MP2,5.....	103
Tabla CA-50:	Estadísticos para NO2.....	103
Tabla CA-51:	Estadísticos para SO2.....	104
Tabla CA-52:	Estadísticos para CO.....	104
Tabla CA-53:	Estadísticos para O3	105
Tabla CA-54:	Estadísticos para MPS Deposición [mg/m2-día] Norma de referencia del Huasco	105

Tabla CA-55:	Estadísticos para MPS Deposición [mg/m ² -día]. Norma de referencia de Montana (USA).....	106
Tabla CA-56:	Estadísticos para MP10.....	107
Tabla CA-57:	Estadísticos para MP2,5.....	107
Tabla CA-58:	Estadísticos para NO ₂	108
Tabla CA-59:	Estadísticos para SO ₂	108
Tabla CA-60:	Estadísticos para CO.....	108
Tabla CA-61:	Estadísticos para O ₃	109
Tabla CA-62:	Estadísticos para MPS Deposición [mg/m ² -día] Norma de referencia de Cuenca del río Huasco	109
Tabla CA-63:	Estadísticos para MPS Deposición [mg/m ² -día] Norma de referencia de Montana (USA).....	110
Tabla RU-1:	Descripción y ubicación de receptores humanos del Proyecto	118
Tabla RU-2:	Descripción y ubicación puntos de medición representativos de receptores de animales silvestres.....	137
Tabla RU-3:	Receptores de la línea de base considerados en proyectos con RCA de MLP	139
Tabla RU-4:	Niveles de presión sonora en receptores humanos. Horario diurno y nocturno	140
Tabla RU-5:	Niveles de presión sonora en receptores animales silvestres de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno	143
Tabla VI-1:	Niveles de vibración en receptores humanos y estructuras de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno	153
Tabla VI-2:	Niveles de vibración en receptores de animales silvestres de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno	157
Tabla CAG-1:	Listados parciales de parámetros de la NCh 1.333/78 monitoreados en el área de influencia	165
Tabla CAG-2:	Estaciones de monitoreo de calidad de aguas superficiales en área de influencia	165
Tabla CAG-3:	Coordenadas estaciones de monitoreo campaña de terreno de calidad de aguas	166
Tabla CAG-4:	Parámetros de monitoreo en estaciones de monitoreo campaña de calidad de aguas	168
Tabla CAG-5:	Límites de clases de norma secundaria de calidad ambiental()	169
Tabla CAG-6:	Comparación de concentraciones medias con NCh 1.333/78 y guía para establecimiento de normas ambientales secundarias – estero Pupío – Área Punta Chungo-Pupío	194
Tabla CAG-7:	Comparación de concentraciones medias con NCh 1.333/78 y normas ambientales secundarias – Laguna Conchalí (estación 7AS) – Área Punta Chungo-Pupío	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura CA-1:	Área de influencia. Componente calidad del aire. Área El Chacay ...	15
Figura CA-2:	Área de influencia. Componente calidad de aire. Área Punta Chungo – Pupío.....	16
Figura CA-3:	Equipo Estándar Británico	22
Figura CA-4:	Especificaciones de la estructura del equipo Estándar Británico	22
Figura CA-5:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP10 Percentil 98 diario con respecto a norma primaria de MP10. Estaciones; a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina	27
Figura CA-6:	Concentraciones promedios anuales de MP10 con respecto a norma primaria de MP10. Estaciones: a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina	29
Figura CA-7:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP10 (2° valor máximo diario) con respecto a la Norma Secundaria de Referencia para MP10. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina.....	31
Figura CA-8:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP2,5 Percentil 98 diario con respecto a Norma Primaria de MP2,5. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina	34
Figura CA-9:	Concentraciones promedios anuales de MP2,5 con respecto a Norma Primaria de MP2,5, periodo 2012 – 2014, Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina	36
Figura CA-10:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP2,5 P98 diario con respecto a Norma Secundaria de Referencia para MP2,5. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina	38
Figura CA-11:	Concentraciones promedios anuales de MP2,5 con respecto a Norma Secundaria de Referencia para MP2,5, Periodo 2012 – 2014. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina.....	40
Figura CA-12:	Percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO2 con respecto a Norma Primaria para NO2. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina	42
Figura CA-13:	Concentración de NO2 (promedio anual) del periodo registrado con respecto a Norma Primaria para NO2. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina	43
Figura CA-14:	Ciclo Diario NO2. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina	45
Figura CA-15:	Ciclo Estacional NO2, Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina	47

Figura CA-16:	Percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO ₂ , con respecto a Norma Primaria para SO ₂ . Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	48
Figura CA-17:	Concentración de SO ₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto a la Norma Primaria de SO ₂ . Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	50
Figura CA-18:	Concentración de SO ₂ (P99,7 diario) del periodo registrado con respecto a la Norma Secundaria para SO ₂ . Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	51
Figura CA-19:	Concentración de SO ₂ (P99,73 horario) del periodo registrado, con respecto a la Norma Secundaria para SO ₂ . Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, Chacay y d) Hotel Mina	53
Figura CA-20:	Ciclo Diario SO ₂ Estaciones; a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	54
Figura CA-21:	Ciclo Estacional SO ₂ Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina	56
Figura CA-22:	Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 1 hora de CO, respecto a la Norma Primaria para CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	57
Figura CA-23:	Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 8 horas de CO (promedio móvil), respecto a Norma Primaria para CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	59
Figura CA-24:	Ciclo Diario CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	60
Figura CA-25:	Ciclo Estacional CO – Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay, y c) Hotel Mina	62
Figura CA-26:	Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Máximos diarios de concentraciones de 8 horas, estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	63
Figura CA-27:	4° Máximo diario de concentraciones de 8 horas de O ₃ (promedio móvil), con respecto a la Norma Secundaria de referencia para Ozono. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, b) Chacay y c) Hotel Mina	65
Figura CA-28:	Ciclo Diario Ozono. Estaciones; a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina	67
Figura CA-29:	Ciclo Estacional Ozono Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina	68
Figura CA-30:	Concentraciones mensuales de MPS – Estaciones a) Cuncumén, b) Restauración y c) DGA.....	69
Figura CA-31:	Concentraciones promedio del periodo de MPS año 2012-2014	71

Figura CA-32:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP10 (Percentil 98 diario) respecto a Norma Primaria de MP10. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes.....	72
Figura CA-33:	Concentraciones promedios anuales de MP10 respecto a Norma Primaria de MP10. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes	73
Figura CA-34:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP10 (2° valor máximo diario) respecto a Norma Secundaria de MP10. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes.....	73
Figura CA-35:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP2,5 P98 diario, con respecto a Norma Primaria de MP2,5 Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes.....	75
Figura CA-36:	Concentraciones promedios anuales de MP2,5 con respecto a Norma Primaria de MP2,5. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes	76
Figura CA-37:	Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP2,5 P98 diario secundario con respecto a Norma Secundaria de MP2,5. Estaciones; a) Punta Chungo y b) Caimanes.....	77
Figura CA-38:	Concentraciones promedios anuales de MP2,5 Periodo 2012 – 2014, con respecto a Norma Secundaria de MP2,5. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes.....	78
Figura CA-39:	Percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO ₂ , con respecto de la Norma Primaria de NO ₂ : a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	79
Figura CA-40:	Concentración de NO ₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto de la Norma Primaria de NO ₂ : a) Estación Los Vilos b) Estación Caimanes.....	80
Figura CA-41:	Ciclo Diario NO ₂ – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes....	81
Figura CA-42:	Ciclo Estacional NO ₂ : a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	82
Figura CA-43:	Percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO ₂ , respecto de Norma Primaria para SO ₂ , a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	83
Figura CA-44:	Concentración de SO ₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto de la norma primaria. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	84
Figura CA-45:	Concentración de SO ₂ Percentil 99,7 diario del periodo registrado con respecto de la Norma Secundaria de SO ₂ . a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes.....	86
Figura CA-46:	Concentración de SO ₂ Percentil 99,73 horario del periodo registrado, con respecto de la Norma Secundaria de SO ₂ . a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	86
Figura CA-47:	Ciclo Diario SO ₂ – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes....	88
Figura CA-48:	Ciclo Estacional SO ₂ – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	89

Figura CA-49:	Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 1 hora de CO, respecto a Norma Primaria para CO. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes.....	90
Figura CA-50:	Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 8 horas de CO (promedio móvil) del periodo registrado, respecto a Norma Primaria para CO. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes ...	91
Figura CA-51:	Ciclo Diario CO – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes.....	92
Figura CA-52:	Ciclo Estacional CO – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	93
Figura CA-53:	Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Máximos diarias de concentraciones de 8 horas, respecto de Norma Primaria para Ozono: a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes.....	94
Figura CA-54:	4° Máximo diario de concentraciones de 8 horas de O3 (promedio móvil), con respecto de la norma secundaria de referencia. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes.....	95
Figura CA-55:	Ciclo Diario Ozono – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	96
Figura CA-56:	Ciclo Estacional Ozono – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes	97
Figura CA-57:	Concentraciones mensuales de MPS: Estaciones; a) Acceso Punta Chungo b) Caimanes, c) Salida Caimanes	98
Figura CA-58:	Concentraciones promedio de MPS del periodo 2012-2014.....	100
Figura RU-1:	Área de influencia. Componente ruido. Área El Chacay	114
Figura RU-2:	Área de influencia. Componente ruido. Área Punta Chungo - Pupío.....	115
Figura RU-3:	Localización receptores en Área El Chacay.....	120
Figura VI-1:	Área de influencia. Componente vibraciones. Área El Chacay	148
Figura VI-2:	Área de influencia. Componente vibraciones. Área Punta Chungo - Pupío.....	149
Figura VI-3:	Localización receptores en Área El Chacay.....	152
Figura CAG-1:	Área de influencia. Componente calidad de aguas Área Punta Chungo – Pupío	163
Figura CAG-2:	Estaciones de monitoreo calidad de agua superficiales. Área Punta Chungo-Pupío	167
Figura CAG-3:	pH Área Punta Chungo-Pupío	172
Figura CAG-4:	Temperatura Área Punta Chungo-Pupío	174
Figura CAG-5:	CE Área Punta Chungo-Pupío.....	175
Figura CAG-6:	CE estación 7AS en Laguna Conchalí.....	175
Figura CAG-7:	Arsénico (As) en Área Punta Chungo-Pupío.....	177
Figura CAG-8:	Cadmio (Cd) en Área Punta Chungo-Pupío.....	178
Figura CAG-9:	Cobre (Cu) en Área Punta Chungo-Pupío	179

Figura CAG-10:	Hierro (Fe) en Área Punta Chungo-Pupío.....	180
Figura CAG-11:	Manganeso (Mn) en Área Punta Chungo-Pupío	181
Figura CAG-12:	Molibdeno (Mo) en Área Punta Chungo-Pupío	183
Figura CAG-13:	Sulfato (SO ₄) Área Punta Chungo-Pupío	185
Figura CAG-14:	Zinc (Zn) en Área Punta Chungo-Pupío.....	187
Figura CAG-15:	SDT Área Punta Chungo-Pupío.....	188
Figura CAG-16:	SDT estación 7AS en Laguna Conchalí.....	188
Figura CAG-17:	Diagrama de Piper Estero Pupío y Laguna Conchalí, área Punta Chungo-Pupío	191
Figura CAG-18:	Diagrama de Stiff Estero Pupío	192

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico RU-1:	NPS equivalente de línea de base en receptores humanos. Horario diurno y nocturno.....	142
Gráfico RU-2:	NPS equivalente de línea de base en receptores de animales silvestres - Horario diurno y nocturno	143
Gráfico VI-1:	Niveles de vibración de línea de base en receptores humanos y estructuras. Horario diurno	155
Gráfico VI-2:	Niveles de vibración de línea de base en receptores humanos y estructuras. Horario nocturno	156
Gráfico VI-3:	Niveles de vibración de línea de base en animales silvestres. Horario diurno	158
Gráfico VI-4:	Niveles de vibración de línea de base en animales silvestres- Horario nocturno	158

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía RU-1:	Receptor RC1.....	121
Fotografía RU-2:	Receptor RC2.....	121
Fotografía RU-3:	Receptor RC3.....	121
Fotografía RU-4:	Receptor RP1.....	122
Fotografía RU-5:	Receptor RP2.....	122
Fotografía RU-6:	Receptor RP3.....	122
Fotografía RU-7:	Receptor RP4.....	123
Fotografía RU-8:	Receptor RP5.....	123
Fotografía RU-9:	Receptor RP6.....	123
Fotografía RU-10:	Receptor RP7.....	124

Fotografía RU-11:	Receptor RP8.....	124
Fotografía RU-12:	Receptor RP9.....	124
Fotografía RU-13:	Receptor RP10.....	125
Fotografía RU-14:	Receptor RP11.....	125
Fotografía RU-15:	Receptor RP12.....	125
Fotografía RU-16:	Receptor RP13.....	126
Fotografía RU-17:	Receptor RP14.....	126
Fotografía RU-18:	Receptor RP15.....	126
Fotografía RU-19:	Receptor RP16.....	127
Fotografía RU-20:	Receptor RP17.....	127
Fotografía RU-21:	Receptor RP18.....	127
Fotografía RU-22:	Receptor RP19.....	128
Fotografía RU-23:	Receptor RP20.....	128
Fotografía RU-24:	Receptor RP21.....	128
Fotografía RU-25:	Receptor RP22.....	129
Fotografía RU-26:	Receptor RP23.....	129
Fotografía RU-27:	Receptor RP24.....	129
Fotografía RU-28:	Receptor RP25.....	130
Fotografía RU-29:	Receptor RP26.....	130
Fotografía RU-30:	Receptor RP27.....	130
Fotografía RU-31:	Receptor RP28.....	131
Fotografía RU-32:	Receptor RP29.....	131
Fotografía RU-33:	Receptor RP30.....	131
Fotografía RU-34:	Receptor RP31.....	132
Fotografía RU-35:	Receptor RP32.....	132
Fotografía RU-36:	Receptor RP33.....	132
Fotografía RU-37:	Receptor RP34.....	133
Fotografía RU-38:	Receptor RP35.....	133
Fotografía RU-39:	Receptor RP36.....	133
Fotografía RU-40:	Receptor RP37.....	134
Fotografía RU-41:	Receptor RP38.....	134
Fotografía RU-42:	Receptor RP39.....	134
Fotografía RU-43:	Receptor RP40.....	135
Fotografía RU-44:	Receptor RP41.....	135
Fotografía RU-45:	Receptor RP42.....	135

Fotografía RU-46:	Receptor RP43.....	136
Fotografía RU-47:	Receptor AS1.....	137
Fotografía RU-48:	Receptor AS2.....	137
Fotografía RU-49:	Receptor AS3.....	138
Fotografía RU-50:	Receptor AS4.....	138
Fotografía RU-51:	Receptor AS5.....	138
Fotografía RU-52:	Receptor AS6.....	139

LÍNEA DE BASE. SECCIÓN I

RESUMEN

El siguiente capítulo es parte de los contenidos que deben presentar los Estudios de Impacto Ambiental de acuerdo a lo estipulado en el D.S. N°40/2012 del Ministerio de medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante RSEIA)¹.

Según lo define la Ley N°19.300, la línea de base, corresponde a *“la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución”* acotada a aquellos componentes ambientales asociados a los efectos, características y circunstancias que hacen necesaria la presentación de un EIA. Por su parte, el RSEIA en su Título II respecto *“De los contenidos de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental”*, párrafo 2°, artículo 18 (literal e), señala que este capítulo *“deberá describir detalladamente el área de influencia del proyecto o actividad, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que pudieren generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente. Asimismo señala que: Deberán describirse aquellos elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad y que dan origen a la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental, en consideración a los efectos, características o circunstancias a que se refiere el artículo 11 de la Ley”*.

Considerando lo anteriormente expuesto, en este capítulo se ha incorporado el análisis de los componentes listados en el artículo 18 letra e), del RSEIA, respecto de las obras y/o actividades del Proyecto que pudieran generar alguno de los efectos, características o circunstancias a que se refiere el artículo 11 de la Ley. De forma complementaria en el Anexo LB-1 se incluyen aquellos componentes que no sufrirán impactos dada la naturaleza de las obras y/o acciones del Proyecto, sino que la información corresponde a una caracterización de contexto, apoyando y/o siendo soporte en otros componentes que integran la Línea de Base.

Considerando lo anterior, en este capítulo se incluye el estudio de los siguientes componentes: calidad del aire, ruido, vibraciones, calidad de aguas superficiales, suelos, plantas, hongos, animales silvestres, ecosistemas acuáticos continentales, ecosistemas marinos, patrimonio cultural (subacuático y terrestre), paleontología, paisaje, áreas protegidas y sitios prioritarios para la conservación, atractivos naturales o culturales y sus interrelaciones, uso del territorio y su relación con la planificación territorial (uso actual y capacidad de uso, actividades económicas y productivas, equipamiento e infraestructura relevante) y medio humano.

1. OBJETIVO

Describir detalladamente los componentes y/o elementos presentes en el área de influencia del Proyecto.

¹ Entendiéndose incorporadas hasta la modificación amparada en el DS63/2014.

2. COMPONENTES

2.1. Componentes estudiados a nivel de área de influencia

De acuerdo a lo que indica el RESIA, a continuación se presentan los componentes y elementos ambientales que forman parte de la Línea de Base de acuerdo a lo establecido en el artículo 18 letra e) del RSEIA y que pueden verse impactados por las obras y actividades del Proyecto. En el capítulo anterior correspondiente a “Identificación y justificación del área de influencia”, se entrega un detalle de lo señalado para cada uno de los componentes.

2.1.1. Medio ambiente físico

Atmósfera

- **Calidad del aire:** Permite identificar las concentraciones actuales de material particulado y gases en el área de influencia del Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Ruido:** Permite conocer los niveles de ruidos en receptores cercanos al área del Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Vibraciones:** Permite conocer los niveles de vibraciones en receptores cercanos al Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

Litósfera

- **Caracterización físico-química del suelo:** La información se encuentra contenida en los componentes asociados a Ecosistemas Terrestres, componente Suelo (sección 5.2 de la sección II de este capítulo del EIA). Su descripción se realiza a nivel de área de influencia.

Hidrosfera – Recursos hídricos continentales

- **Calidad de las aguas superficiales:** La línea de base de calidad de aguas permite conocer las características físicas y químicas más relevantes de las aguas superficiales del área de influencia. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto solo en el Área Punta Chungo – Pupío, mientras que en el Área El Chacay se realiza una caracterización a nivel de área de estudio dado que las partes, obras y acciones del Proyecto no modifican lo informado hasta la fecha por la Compañía.

Hidrosfera – Recursos hídricos marinos

- **Batimetría, corrientes, mareas, oleaje, calidad de agua y sedimentos:** Permite conocer las características físicas del componente Ecosistemas marinos. Este componente se desarrolla asociado al Ecosistema Marino.

2.1.2. Ecosistemas terrestres

- **Suelo:** Permite la caracterización de los suelos sustentadores de vegetación dentro del área de emplazamiento del Proyecto, incluyendo la caracterización físico-química del suelo, asociada a la componente del medio físico-litósfera. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Plantas:** Permite identificar las formaciones vegetales y la presencia de flora singular o en estado de conservación. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Hongos:** Permite identificar la presencia de hongos y su estado de conservación. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Animales silvestres:** Permite identificar la presencia de fauna singular o en estado de conservación. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.1.3. Ecosistemas acuáticos continentales

- **Ecosistemas acuáticos continentales:** Permite identificar la condición base de los distintos cursos de agua asociados al proyecto principalmente en los sectores donde se proyectan obras. De esta forma, se analiza los elementos asociados a su calidad, existente biota y calidad de sedimentos. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto solo en el Área Punta Chungo – Pupío, mientras que en el Área El Chacay se realiza una caracterización a nivel de área de estudio.

2.1.4. Ecosistemas marinos

- **Ecosistemas marinos:** Permite conocer la situación base del medio marino donde se proyecta la construcción de un punto de captación de agua y otro de descarga de salmuera. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto la cual ha sido acotada a la Bahía Conchalí.

2.1.5. Elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio cultural

- **Patrimonio cultural arqueológico:** Permite identificar la presencia de elementos naturales y artificiales que componen el patrimonio histórico, arqueológico (terrestre y subacuático), religioso y en general, los que componen el patrimonio cultural, incluyendo la caracterización de los Monumentos Nacionales. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Patrimonio cultural paleontológico:** Permite identificar los sectores con potencial fosilífero en el área de influencia del Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.1.6. Paisaje

- **Paisaje:** Permite realizar una caracterización del tipo, visibilidad y calidad, lo que permite soportar una descripción hasta llegar a determinar el valor paisajístico del mismo. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto solo en el Área Punta Chungo – Pupío, especialmente en el sector asociado al sistema de impulsión de agua desalada (plataforma para tubería).

2.1.7. Áreas protegidas y sitios prioritarios para la conservación

- **Áreas Protegidas y sitios prioritarios para la conservación:** Permite identificar la presencia áreas protegidas o sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.1.8. Atractivos naturales o culturales y sus interrelaciones

- **Atractivos naturales o culturales y sus interrelaciones:** Permite identificar las zonas con valor turístico presentes en el área del Proyecto y definir si éstas pudiesen ser afectadas por las obras y actividades del Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.1.9. Uso del territorio y su relación con la planificación territorial

- **Suelos (Uso actual y Capacidad de uso):** Permite identificar los usos actuales y capacidad de uso, para luego relacionarlo con las obras del Proyecto. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Actividades económicas y productivas:** Busca definir y confirmar si el emplazamiento del Proyecto es compatible con las actividades económicas presentes en el área de influencia. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.
- **Equipamiento e infraestructura relevante:** Busca identificar las construcciones relevantes de infraestructura, vivienda, equipamiento, espacio público y de actividades económicas. Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.1.10. Medio humano

- **Medio humano:** Permite conocer los antecedentes geográficos, demográficos, antropológicos, socioeconómicos y relativos al bienestar social básico que caracterizan al medio humano, con el fin de comprender la dinámica socio-espacial que vivencian las comunidades que integran los territorios en estudio (población, economía local, tradiciones, intereses comunitarios, los sentimientos de arraigo, equipamiento, infraestructura, entre otros). Cabe mencionar que el Proyecto no afectará a poblaciones protegidas (pueblos indígenas). Este componente se desarrolla a nivel de área de influencia del Proyecto.

2.2. Componentes descritos a nivel de contexto

Existe un conjunto de componentes ambientales donde no se ha establecido área de influencia. La razón de lo anterior radica en que, dada la naturaleza del proyecto, este no podría generar algún tipo de afectación sobre estos. Para este conjunto de componentes, se ha establecido un área de estudio, cuya caracterización (de contexto) se presenta en el Anexo-LB-1 de este capítulo. Estos componentes son los siguientes:

2.2.1. Medio ambiente físico

Atmósfera

- **Clima:** Permite conocer las condiciones climáticas en la donde se instalarán las principales obras del Proyecto. La caracterización de este componente ingresa como información para el análisis de otras componentes y elementos ambientales tales como la flora (flora y vegetación), animales silvestres y sus habitas, así como también determina las condiciones básicas a considerar en la descripción de las relaciones ecosistémicas identificadas en el área. Se presenta la información a nivel de área de estudio caracterizando en términos generales el área de emplazamiento del Proyecto.
- **Meteorología:** Permite conocer las condiciones meteorológicas asociadas al área del Proyecto, como información para el análisis de otras componentes y elementos ambientales tales como la determinación de áreas de riesgo, dispersión de emisiones del mismo, ruido (en relación a la dirección de los vientos y la humedad). Se presenta la información a nivel de área de estudio caracterizando en términos generales el área de emplazamiento del Proyecto.

Litósfera

- **Geología:** Permite conocer la estratigrafía del área de estudio, como información para el desarrollo de la componente peligros geológicos y geomorfológicos. Se presenta la información a nivel de área de estudio caracterizando en términos generales el área de emplazamiento del Proyecto.
- **Geomorfología:** Permite la identificación de las formas de relieve existentes en el área del Proyecto, permitiendo entregar información para el análisis de otros componentes y elementos ambientales, tales como la definición de las áreas de peligros geológicos y geomorfológicos.
- **Áreas de peligros geológicos y geomorfológicos:** Permite la identificación de las formas de relieve existentes en el área del Proyecto para evaluar posibles peligros naturales asociados a estos.

Hidrosfera

- **Hidrología:** es importante señalar que no existen obras y/o actividades del Proyecto que pudieran afectar la hidrología de los principales cursos de agua tanto en el Área El Chacay como en el Área Punta Chungo – Pupío. Por lo anterior, solo se presenta una caracterización general de las cuencas de las cuales se emplaza el Proyecto.

- **Calidad de aguas superficiales:** es importante señalar que no existen obras y/o actividades del Proyecto que pudieran afectar la calidad de aguas superficiales en el Área El Chacay. Por lo anterior, solo se presenta una caracterización general de las estaciones de monitoreo más cercanas al emplazamiento de obras y que corresponden a Río de Los Pelambres y Estero Piuquenes.

2.2.2. Ecosistemas acuáticos continentales

- **Ecosistemas acuáticos continentales:** las obras y/o actividades en el Área El Chacay, no interfieren con el escurrimiento natural del río de Los Pelambres por lo tanto no se alteran atributos físicos propios del cauce, químicos asociados al agua y sedimentos y ecológicos respecto a la biota registrada. Por lo anterior, solo ha incluido información de contexto con base en la data continua registrada por la compañía en las tres (3) estaciones emplazadas en el mencionado curso de agua.

2.2.3. Uso del territorio y su relación con la planificación territorial

- **Uso de suelo planificado:** Busca definir y confirmar si el emplazamiento del Proyecto es compatible con los instrumentos de planificación territorial vigentes y las eventuales restricciones al desarrollo del mismo.

2.2.4. Proyectos con RCA

- **Proyectos con RCA:** se incluye información de aquellos proyectos aprobados o actividades que cuenten con Resolución de Calificación Ambiental vigente, aun cuando no se encuentren operando. Para estos efectos, se consideran todos los proyectos o actividades que se relacionen con los impactos ambientales del proyecto en evaluación.

2.3. Componentes no caracterizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental

Existe una serie de componentes y elementos ambientales que no han sido considerados en la línea de base debido a:

- Naturaleza del proyecto.
- Características del área de emplazamiento del mismo.

De esta manera, el presente EIA no consideró la caracterización de los siguientes componentes ambientales:

Medio Ambiente Físico

Atmósfera

- **Luminosidad:** las obras y acciones del proyecto en Área El Chacay se emplazan en sectores industriales donde no será necesario la incorporación de nuevas luminarias; en Área Punta Chungo - Pupío, tampoco se incorporarán luminarias nuevas. Cabe señalar además, que las actividades que componen la Etapa de Construcción se efectuarán principalmente en horario diurno. Aquellas necesarias a desarrollar en horario nocturno estarán confinadas a sectores puntuales y temporalmente definidos.

Sin perjuicio de lo anterior, existe una normativa específica que deberán cumplir todas las luminarias existentes y también aquellas que eventualmente se instalarían en caso de trabajos nocturnos.

- **Campos electromagnéticos:** La línea existente sólo será repotenciada, y no existen en el sector de emplazamiento de esta LT, otras que puedan estar generando una situación basal de campos electromagnéticos.

Hidrosfera

- **Hidrogeología:** este componente no será estudiado por el proyecto, toda vez que no existen obras y/o actividades que pudieran alterar algún acuífero. Lo anterior en tanto que el Proyecto no modifica, altera y/o requiere de nuevos recursos de naturaleza subterránea y/o subsuperficial.
- **Calidad de las aguas subterráneas:** El Proyecto no considera la extracción ni incorporación de agentes externos al acuífero presentes (en los sectores donde éste existe). Por lo tanto, no se contempla la afectación de la disponibilidad, utilización y aprovechamiento racional futuro, ni de la capacidad de regeneración o renovación de las aguas subterráneas.
- **Glaciares:** las obras del Proyecto y las actividades a desarrollar en Área El Chacay no se encuentran asociadas a formaciones de glaciares ni ambiente periglacial. Así mismo, el Área Punta Chungo - Pupío, emplazada en sector costero no presenta la existencia de glaciares por las características intrínsecas del área.

3. MEDIO FÍSICO

3.1. Atmósfera: Calidad del Aire

RESUMEN

Esta sección describe la línea de base de calidad del aire en el área de influencia del Proyecto. Se caracterizan los siguientes parámetros: material particulado respirable (MP_{10}), material particulado respirable fino ($MP_{2,5}$), material particulado sedimentable (MPS), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3). Todos ellos asociados directamente, excepto el ozono, a las emisiones del proceso en sus diferentes etapas.

En la caracterización de este componente, se incluyeron tanto las estaciones de monitoreo que constituyen la red de estaciones de Minera Los Pelambres, como estaciones móviles donde se realizaron campañas de medición y que se encuentran ubicadas en el área de influencia. Esta área se encuentra contenida en el dominio de modelación del componente (Figura CA-1 y Figura CA-2). Para caracterizar las concentraciones de material particulado, se contó con tres (3) años calendarios de registros: 2012, 2013 y 2014; y para el caso del monitoreo de gases, se contó con campañas de monitoreo realizadas en el año 2012, 2013 y 2015 (Tabla CA-5).

Para el análisis de los parámetros medidos, se consideran las normas primarias y secundarias de calidad del aire vigente en el país y de referencia internacional. Cabe hacer presente que el cumplimiento de normas primarias asegura que no haya riesgos a la salud de la población, mientras que las secundarias nacionales y de referencia, permiten proteger recursos naturales u otros, tales como cultivos, ecosistemas, especies de flora o fauna, monumentos nacionales o sitios con valor arqueológico.

Respecto de la normativa secundaria, solo para SO_2 se cuenta con una norma de esta naturaleza de calidad del aire vigente en Chile. Esta corresponde al D.S. N° 22/2009 del MINSEGPRES. Para MP_{10} , $MP_{2,5}$, NO_2 y O_3 no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA. Respecto del Material Particulado Sedimentable (MPS), en el Plan Integral de Seguimiento y Monitoreo que presenta semestralmente la compañía ante la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), se establece como norma de referencia aquella del Estado de Montana (Estados Unidos) y según compromiso adquirido por MLP con el SAG de Coquimbo, se incluye la comparación con el Decreto Exento N°04/92 del Ministerio de Agricultura. Esta última establece "Normas de Calidad del Aire para material particulado sedimentable en la cuenca del río Huasco, III Región". Cabe señalar que esta última se considera sólo de referencia para realizar posteriormente la evaluación de impactos, sin que ésta involucre una obligación de cumplimiento para el titular².

Área El Chacay

Respecto al material particulado respirable (MP_{10}), la información disponible permite indicar que en las ocho (8) estaciones presentes en el área de influencia, tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

² Anexo CA-1: Oficio Ordinario N°CE 712 del 22 de junio del 2011 del Servicio de Evaluación Ambiental.

Respecto a la condición más desfavorable, ésta se registra en la estación Hotel Mina, distante a 4,7 km. aproximadamente en línea recta y hacia el Este, y emplazada al interior del área industrial de MLP. Sus valores alcanzan un 81% de la norma primaria diaria y un 84% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en esta misma estación con un 82% de la norma diaria. Es importante señalar que la norma EPA no considera un límite anual para MP_{10} .

Respecto al material particulado respirable ($MP_{2.5}$), los datos disponibles permiten concluir que en las ocho (8) estaciones presentes en área de influencia tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

Respecto a la condición más desfavorable, esta se registra en la estación Quelén, ubicada en un terreno contiguo a la escuela de la localidad de Quelén Alto, con valores que alcanzan un 54% de la norma primaria diaria y un 50% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en esta misma estación con un 63% de la norma diaria y un 67% de la norma anual.

En cuanto a los gases NO_2 , SO_2 , CO y O_3 , la información permite concluir que para el periodo monitoreado, los valores registrados cumplen tanto con los límites de las normas primarias de calidad del aire nacional vigente, como con las normas que se han tomado como secundarias de referencia, correspondientes a las definidas por la US-EPA.

En el caso del MPS, las 3 estaciones de medición que se localizan en el área de influencia, registran valores bajo el límite mensual y anual definido por las normas de referencia del valle del Huasco y del Estado de Montana. Los mayores valores se obtienen en la estación **Cuncumén**, con un 61% con respecto de la norma de Huasco mensual, un 50% con respecto de la norma de Huasco Anual y un 28 % con respecto de la norma del estado de Montana.

Área Punta Chungo-Pupío

Respecto del material particulado respirable (MP_{10}), los datos obtenidos de las dos (2) estaciones de monitoreo consideradas, Caimanes y Punta Chungo, permiten concluir que tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

Los valores más altos en cuanto a la norma primaria diaria de MP_{10} , se registran en la estación Caimanes durante el año 2013, con un 55% de la norma diaria ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Respecto de la norma anual en ambas estaciones se alcanza un 68% de la norma primaria anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en la estación Caimanes con un 49% de la norma diaria.

En cuanto al material particulado respirable ($MP_{2.5}$), la información disponible y analizada en las dos (2) estaciones utilizadas, Caimanes y Punta Chungo, permiten concluir que tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA. En este sentido, los valores más altos se registraron en la estación Punta Chungo, ubicada al interior de las dependencias del puerto de embarque de concentrado de la compañía. Los valores alcanzan un 52% de la norma primaria diaria y un 45% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, las observaciones muestran, al ser comparados con la norma diaria, valores

equivalentes a un 69% de la norma. Asimismo, la comparación con la norma anual muestra niveles que alcanzan al 73% de dicha norma.

Respecto a los gases NO₂, SO₂, CO y O₃, para el período monitoreado es posible concluir que los valores registrados cumplen tanto con los límites de las normas primarias de calidad del aire nacional vigente, como con las normas que se han tomado como secundarias de referencia, correspondientes a las definidas por la US-EPA.

Finalmente, respecto al material particulado sedimentable (MPS), de las 3 estaciones analizadas, las estaciones Acceso Punta Chungo y Caimanes se encuentran sobre los valores referenciales del valle del Huasco, mientras que la estación Salida a Caimanes está bajo los límites normativos de referencia, comportamiento que se mantiene por el periodo 2012-2014. Respecto a la normativa de referencia del Estado de Montana USA, para el material particulado sedimentable (MPS) promedio mensual, las 3 estaciones analizadas se encuentran por debajo de la normativa de referencia en todo el periodo evaluado.

3.1.1. Objetivos

Definir la condición basal de MP₁₀, MP_{2,5}, MPS, NO₂, SO₂, CO y O₃, en función de los datos registrados por las estaciones de monitoreo con que cuenta la compañía, localizadas y registrando en distintos sectores del área de influencia del Proyecto.

3.1.2. Área de influencia

3.1.2.1. Criterios generales

Tomando en consideración lo señalado en los artículos 5° y 6° del RSEIA así como lo estipulado en la “Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA” (SEA, 2015)³, para la definición del área de influencia, función de evaluar el “riesgos a la salud de la población” y la afectación de los recursos naturales renovables debido a la calidad del aire, se consideraron criterios sobre la base de los receptores sensibles en los cuales existe un objeto de protección, con norma primaria o secundaria vigente en Chile, o alguna norma de referencia. Lo anterior en función a que se busca establecer si, con el aporte del Proyecto, se cumplen los límites normados de las concentraciones ambientales de los distintos parámetros aportados por las emisiones del Proyecto. De esta forma, los criterios para su definición fueron los siguientes:

- Criterio 1 – Adecuada representación de los procesos meteorológicos que generan la dispersión de las emisiones, en un dominio de modelación que permita visualizar adecuadamente las concentraciones ambientales que aporta el Proyecto, asegurando abarcar aquellas zonas donde se presenten altas concentraciones. La definición del dominio ha considerado la existencia de errores numéricos en los bordes de la grilla, condición que ha sido remediada extendiendo los límites de dicha grilla, permitiendo que las zonas de baja confiabilidad en términos de procesos numéricos, se encuentren lejos de aquellas zonas de real relevancia para el proyecto.

³ Documento disponible en: http://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/01/20/guia_calidad_del_aire.pdf

- Criterio 2 – Descripción de las condiciones basales (situación actual) dentro del dominio. Con este fin, se ha llevado a cabo un levantamiento completo de aquellas fuentes de información correspondientes a puntos de monitoreo de parámetros de calidad de aire, mediante los cuales se establecerá la línea base del Proyecto. Lo anterior, conforme a la “Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA” (SEA, 2015), donde se estipula que los datos a considerar deben cumplir con un criterio de representatividad en términos espaciales y ello conjugado con la incorporación de data válida para cada una de las estaciones a considerar.
- Criterio 3 - Identificación e inclusión de la evaluación de los aportes de proyectos ambientalmente aprobados (proyectos con RCA), pero que no se han materializado dentro del dominio definido para la modelación. De esta forma, se llevará a cabo la inclusión de todos aquellos proyectos identificados como futuras fuentes de emisión que se sumarán a los aportes establecidos por el Proyecto, completando el escenario en el cual las actividades de desarrollo de MLP se llevarán a cabo.
- Criterio 4 – Resultados de la Modelación de la Calidad del aire. De modo de asegurar que el área de influencia abarca aquellas zonas donde se presentan mayores concentraciones, se utilizan las isolíneas de concentración resultantes de la modelación de dispersión y transporte de calidad del aire, de modo de definir a través de ellas un área que englobe las zonas donde se presentan aportes en las concentraciones.

3.1.2.2. Aplicabilidad de criterios

A continuación, se describen como se han aplicado los criterios generales a este Proyecto.

- Criterio 1 - Adecuada representación de procesos meteorológicos en Dominio de modelación

El estudio del transporte y dispersión de las emisiones, generados por el desarrollo de un proyecto industrial, requiere de una aproximación precisa de los aportes de cada actividad desarrollada durante las distintas fases del Proyecto. Dichos aportes deben ser evaluados considerando tanto su variabilidad espacial como temporal, concentrando el esfuerzo en aquellos receptores seleccionados a la luz de su capacidad de representar los efectos sobre la población o el medioambiente, considerados estos como objeto de protección por normas primarias o secundarias, según sea el caso.

La complejidad de esta tarea puede apreciarse al considerar, como uno de los factores más relevantes, la dinámica de la climatología y meteorología local. Los fenómenos forzantes que determinan la estructura del campo de viento que afecta a un contaminante comprenden desde procesos de pequeña escala, tales como la turbulencia local (escala espacial de metros con escalas temporales de minutos), hasta procesos a mesoescala (escala espacial de decenas de kilómetros, con duración de entre horas y días). Entre los factores que deben ser considerados, se encuentra la brisa marina como uno de los forzantes predominantes del campo de vientos local, el cual es modulado por una topografía compleja, en la cual es posible apreciar como factor dominante la presencia de valles y quebradas de notable influencia sobre el viento en superficie.

Aun cuando las metodologías de análisis diseñadas para la modelación de calidad de aire abordan con éxito este tipo de procesos, la cadena de causalidad que se deriva de la vinculación de estos, con aquellos de escala regional o global, escapa del marco normativo establecido por la autoridad para este tipo de análisis, limitación que deberá ser resuelta mediante ajustes metodológicos bien fundamentados. De esta forma, los procesos de larga escala son incluidos mediante el anidado de sucesivos dominios de modelación, los cuales consideran aumentos progresivos en resolución hasta llegar a una suficientemente en función tal que se posibilite un análisis práctico de los procesos de interés sin perder precisión en su descripción.

Bajo las consideraciones antes expuestas, se han definido dos dominios de modelación, ello puesto que las áreas del Proyecto se distribuyen en un espacio geográfico de amplia escala. Estas áreas corresponde a:

- ✓ Área El Chacay: el dominio de modelación para esta área, posee una extensión de 60 X 55 km, correspondientes a su extensión meridional y latitudinal respectivamente, cubriendo una superficie de 330.000 ha aproximadamente.
- ✓ Área Punta Chungo – Pupío: el dominio de modelación para esta área, posee una extensión de 61 X 43 km, correspondientes a su extensión meridional y latitudinal, cubriendo una superficie de 262.300 ha aproximadamente.

Cabe señalar, que ambos dominios de modelación, poseen una resolución de 1 km., según Criterio definido en Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA (MMA, 2012). Dicha resolución espacial se considera suficiente para describir los procesos de dispersión y transporte. En el eje vertical, la discretización considera capas de espesor variable, con alturas del orden de metros en superficie hasta decenas de metros en altura, consideración que permite un mejor ajuste a la topografía superficial.

- Criterio 2 - Condiciones Basales (situación actual)

La aplicación de este criterio se realizó considerando antecedentes disponibles por parte de MLP correspondiente a su red de monitoreo, la cual posee información de 10 estaciones fijas de registro de material particulado respirable, a las cuales se les adiciona la data de estaciones móviles para la medición de gases (5 puntos) y, 6 estaciones monitoras de material particulado sedimentable.

Este conjunto de estaciones, se distribuyen al interior de los dominios de modelación permitiendo que exista representatividad de aquellas localidades, grupos humanos cercanos a las obras del Proyecto y/o recursos naturales.

- ✓ Área El Chacay

Las estaciones de monitoreo a ser utilizadas, abarcan desde Tranque Mauro, el Sector de Camisas (recambio de tubería), hasta Hotel Mina emplazado al interior del área industrial de MLP. El conjunto de estaciones a considerar es el siguiente:

Tabla AI-1: Estaciones monitoras y parámetros monitoreados. Área El Chacay

Estación	Parámetros monitoreados						
	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	MPS
El Mauro	X	X					
Tranque Mauro			X	X	X	X	
Camisas	X	X					
Quelén	X	X					
Coirón	X	X					
Tranquilla ^(*)	X	X					
Cuncumén							X
Cuncumén	X	X					
Cuncumén			X	X	X	X	
Restauración							X
DGA							X
Chacay			X	X	X	X	
Chacay	X	X					
Hotel Mina			X	X	X	X	
Hotel Mina	X	X					

(*) La estación Tranquilla, están en las inmediaciones del Área de Influencia de calidad del aire. Su caracterización se incluyó a modo de contexto.

✓ Área Punta Chungo – Pupío

Las estaciones de monitoreo a ser utilizadas abarcan desde Acceso Punta Chungo (ubicado en las inmediaciones de la Laguna Conchalí) hasta el sector Tranque Mauro, considerando las siguientes estaciones:

Tabla AI-2: Estaciones monitoras y parámetros monitoreados. Área Punta Chungo – Pupío

Estación	Parámetros monitoreados						
	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	MPS
Punta Chungo	X	X					
Acceso Punta Chungo							X
Los Vilos			X	X	X	X	
Caimanes	X	X					
Caimanes			X	X	X	X	
Caimanes							X
Salida Caimanes							X
El Mauro*	X	X					
Tranque Mauro*			X	X	X	X	

*Cabe hacer notar que las estaciones El Mauro y Tranque Mauro, están presentes en ambas áreas de influencia de calidad del aire, tanto el asociado al Área El Chacay como el asociado al Área Punta Chungo-Pupío, pero solo será analizado en el Área El Chacay.

• Criterio 3 - Aportes de terceros

La aplicación de este criterio establece la identificación, caracterización y dimensionamiento de los aportes descritos en los dominios de modelación del Proyecto por aquellas actividades o proyectos que se encuentran actualmente aprobados pero que no están operando. La información obtenida fue evaluada a fin de determinar su inclusión en la evaluación de impacto de calidad de aire, identificando su aporte efectivo en cada uno de los receptores seleccionados.

- Criterio 4 – Resultados de la Modelación de la Calidad del aire

La modelación del transporte y dispersión de las emisiones, realizada mediante el sistema WRF/CALPUFF, de acuerdo a los lineamientos de la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA”, SEA 2012, entrega como resultados isolíneas de concentración con el aporte para cada uno de los parámetros de calidad del aire.

La variabilidad espacial de dichos aportes, está determinada en primer lugar por la localización de las fuentes emisoras y luego por el efecto en el transporte y dispersión que tiene la topografía y la meteorología local.

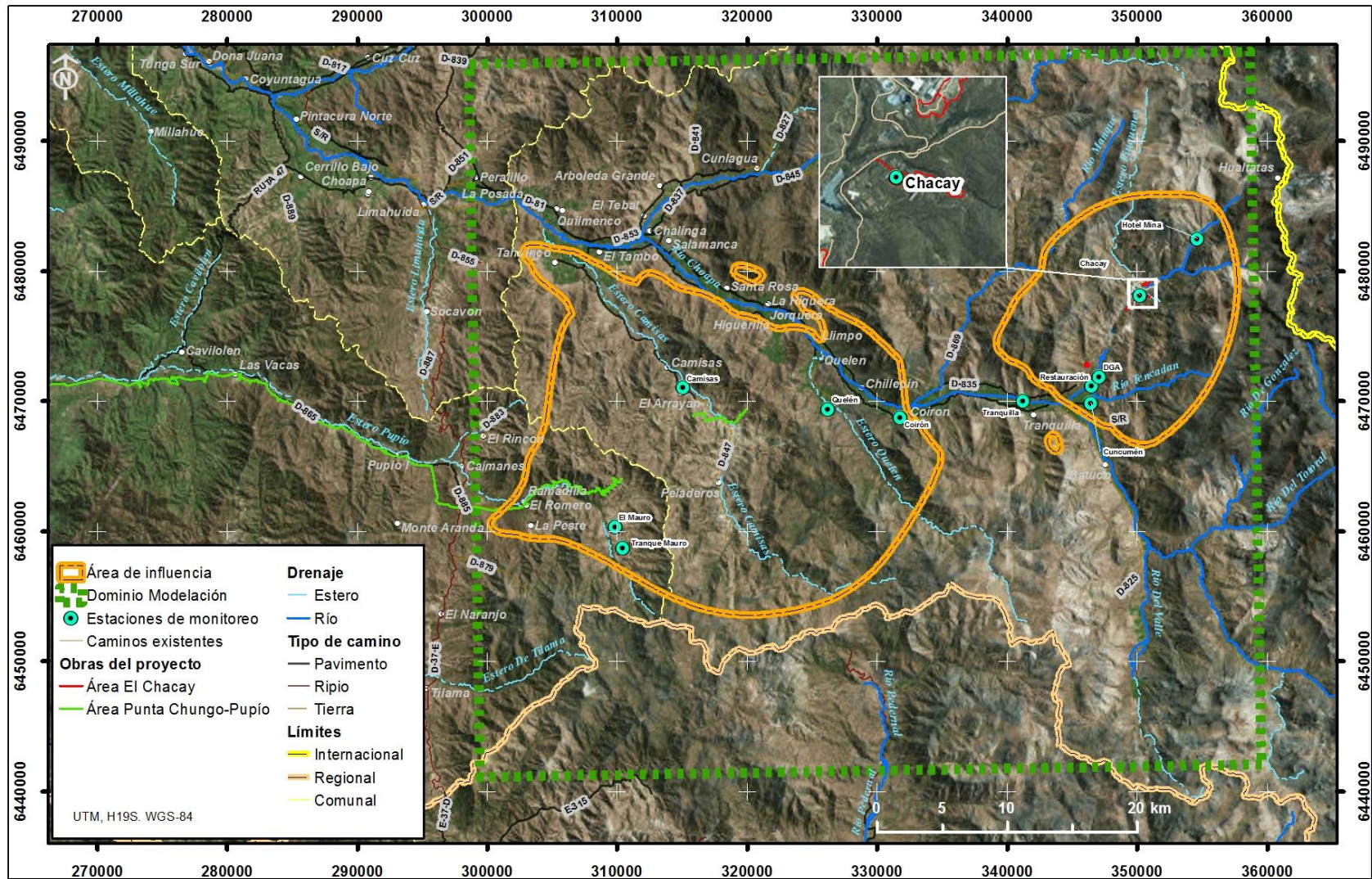
Bajo las consideraciones anteriores, se define para cada área del Proyecto un área de influencia de calidad del aire determinada por la superficie resultante de la superposición de las isolíneas de concentración de todos los parámetros considerados en la modelación efectuada para el presente EIA (Anexo EI-1 del Capítulo 4 del presente EIA, denominado “Estudio de calidad del aire”).

- ✓ Área El Chacay: el área de influencia para esta área del Proyecto, cubre una superficie de 88.935 ha aproximadamente y está definida por la envolvente de las isolíneas de concentración de todos los parámetros modelados.
- ✓ Área Punta Chungo – Pupío: el área de influencia para esta área del Proyecto, cubre una superficie de 92.662 ha aproximadamente y está definida por la envolvente de las isolíneas de concentración de todos los parámetros modelados.

Cabe destacar que las áreas de influencia incluyen sectores que contienen tanto asentamientos humanos, como actividad agrícola. En consecuencia, en el área de influencia de calidad del aire se evaluará el riesgo de afectación a la salud de la población, como la afectación en recursos naturales, hábitats sensibles y/o actividades agropecuarias.

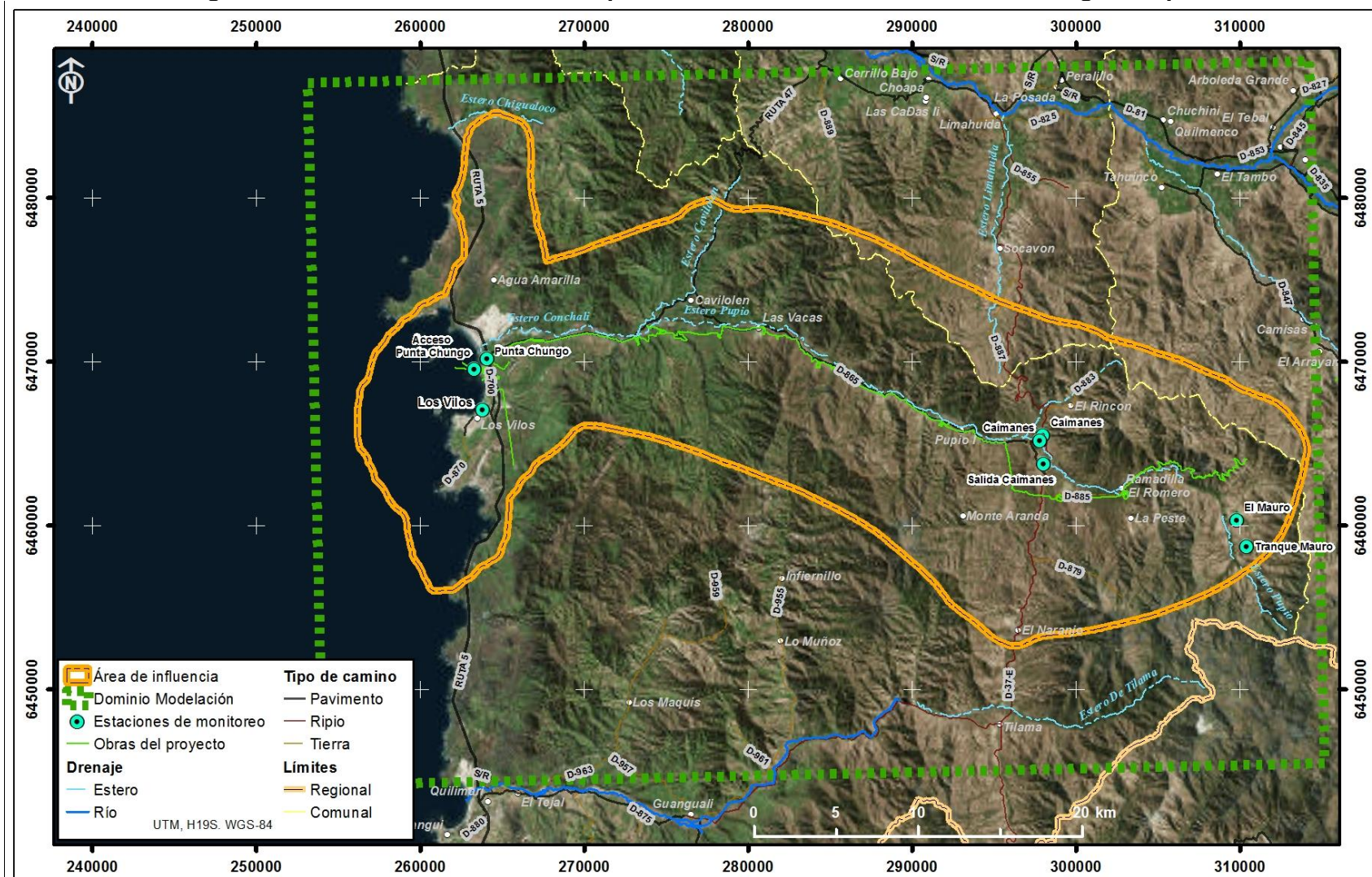
En las siguientes figuras, se identifican ambas áreas de influencia para este Proyecto.

Figura CA-1: Área de influencia. Componente calidad del aire. Área El Chacay



Las estaciones identificadas en la figura como Cuncumén, Chacay y Hotel Mina; representan al grupo de estaciones homónimas, que por su cercanía no son posible de distinguir a la escala de la cartografía presentada.

Figura CA-2: Área de influencia. Componente calidad de aire. Área Punta Chungo – Pupío



La estación identificada en la figura como Caimanes representa al grupo de estaciones homónimas, que por su cercanía no es posible de distinguir a la escala de la cartografía presentada

3.1.3. Metodología

Para la descripción y análisis de la calidad del aire en los distintos sectores en los cuales se emplazará el Proyecto, se cuenta con información registrada por las estaciones que conforman la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de MLP.

Cabe señalar, que en la Figura CA-1 se incluyen las estaciones de monitoreo de presentes en el dominio de modelación del Área El Chacay, mientras que en la Figura CA-2 se presentan las estaciones de monitoreo presentes en el dominio de modelación del área Punta Chungo-Pupío.

A continuación, en la Tabla CA-1, se indica el detalle de los parámetros monitoreados en cada una de las estaciones consideradas en el Área El Chacay y los respectivos períodos monitoreados.

Tabla CA-1: Parámetros monitoreados y periodo de medición de cada estación. Área El Chacay

Estación	Parámetros monitoreados							Período
	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	MPS	
El Mauro	X	X						2012 - 2014
Tranque Mauro			X	X	X	X		23 ene al 30 de abr 2015
Camisas	X	X						2012 - 2014
Quelén	X	X						2012 - 2014
Coirón	X	X						2012 - 2014
Tranquilla (*)	X	X						2012 - 2014
Cuncumén							X	2012 - 2014
Cuncumén	X	X						2012 - 2014
Cuncumén			X	X	X	X		4 dic 2014 – 21 ene 2015
Restauración							X	2012 – 2014
DGA							X	2012 – 2014
Chacay			X	X	X	X		7 sep 2014 – 31 ene 2015
Chacay	X	X						2012 – 2014
Hotel Mina			X	X	X	X		12 sep al 30 nov 2014
Hotel Mina	X	X						2012 – 2014

(*) La estación Tranquilla, están en las inmediaciones del Área de Influencia de calidad del aire. Su caracterización se incluyó a modo de contexto.

En la Tabla CA-2, se indica el detalle de los parámetros monitoreados en cada una de las estaciones consideradas en el Área Punta Chungo-Pupío y los respectivos períodos monitoreados.

Tabla CA-2: Parámetros monitoreados y periodo de medición de cada estación. Área Punta Chungo-Pupío

Estación	Parámetros monitoreados							Período
	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	MPS	
Punta Chungo	X	X						Dic 2012 - 2014
Acceso Punta Chungo							X	2012 - 2014
Los Vilos			X	X	X	X		Feb 2012 – Mar 2013
Caimanes	X	X						2012 - 2014
Caimanes			X	X	X	X		24 ene al 26 abr 2015
Caimanes							X	2012 - 2014
Salida Caimanes							X	Jul 2013 - 2014
El Mauro*	X	X						2012 - 2014
Tranque Mauro*			X	X	X	X		1 may al 31 jul 2015

*Cabe hacer notar que las estaciones El Mauro y Tranque Mauro, están presentes en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como el asociado al Área Punta Chungo-Pupío, pero solo será analizado en el Área El Chacay.

Cabe señalar que en el Anexo CA-1, se adjuntan los respaldos de calibraciones y mantenciones de las estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Minera Los Pelambres.

3.1.3.1. Material particulado respirable (MP₁₀ y MP_{2,5})

La red de monitoreo, que registra concentraciones de material particulado respirable (tanto MP₁₀ como MP_{2,5}), se encuentra compuesta por distintas estaciones distribuidas en zonas donde se localizan los receptores sensibles. En la Tabla CA-3 a continuación se indican sus coordenadas referenciales, nombre y área del Proyecto en la que se emplazan.

Tabla CA-3: Estaciones de monitoreo utilizadas para caracterización de MP₁₀ y MP_{2,5}

Área	Estación de calidad del aire	Coordenadas (**) UTM Dátum WGS84; huso 19 sur.	
		Este	Norte
El Chacay	El Mauro*	309.840	6.460.389
	Camisas*	315.066	6.471.115
	Quelén	326.241	6.469.463
	Coirón	331.801	6.468.823
	Tranquilla	341.257	6.470.090
	Cuncumén	346.481	6.469.894
	Chacay	350.230	6.478.227
	Hotel Mina	354.622	6.482.533
Punta Chungo - Pupío	Punta Chungo	264.090	6.470.240
	Caimanes	298.016	6.465.581
	El Mauro*	309.840	6.460.389

*Cabe hacer notar que las estaciones El Mauro y Camisas, están presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como el asociado al Área Punta Chungo-Pupío, pero solo será analizado en el Área El Chacay.

(**) Coordenadas referenciales asociada a precisión de GPS.

Respecto a la frecuencia y el periodo de las mediciones de cada parámetro monitoreado, consideradas para la presente caracterización, éstas se indican en la siguiente Tabla CA-4:

Tabla CA-4: Frecuencia y periodo de mediciones por parámetro

Área	Estación	Parámetro	Frecuencia	Periodo
El Chacay	El Mauro	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
	Camisas	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Marzo 2012 a diciembre 2014
	Quelén	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Marzo 2012 a diciembre 2014
	Coirón	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Marzo 2012 a diciembre 2014
	Tranquilla	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Febrero 2012 a diciembre 2014
	Cuncumén	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2013
		MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2013
	Chacay	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
Hotel Mina	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014	
	MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014	
Punta Chungo - Pupío	Punta Chungo	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Diciembre 2012 a diciembre 2014
	Caimanes	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
	El Mauro	MP ₁₀	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014
		MP _{2,5}	cada 3 días	Enero 2012 a diciembre 2014

En conformidad a lo señalado en el D.S. N° 61/2008 del MINSAL, que “Aprueba Reglamento de Estaciones de Medición de Parámetros Atmosféricos”, los muestreos de MP₁₀ y MP_{2,5}, se realizan mediante el método gravimétrico, utilizando muestreadores de alto volumen. Este método consiste en hacer pasar a través de un filtro de micro fibra de cuarzo una muestra de aire de volumen conocido, para lo cual se controla el flujo del aire (1,13 m³/min ± 10%) y el tiempo de muestreo (24 ± 6 horas). El filtro utilizado es pesado antes y después del muestreo bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, determinándose, por diferencia de peso, la cantidad de polvo captado (gravimetría). Iniciando las mediciones a las 00:00 h del día determinado y terminándolas a las 24: 00 h del mismo día.

La empresa SGS Chile Ltda., encargada del monitoreo, de la toma de muestras y su manipulación en laboratorio, emplea sólo métodos de ensayo estandarizados de referencia nacional o internacional reconocida. En el caso del análisis gravimétrico, el procedimiento del laboratorio se basa en el método EPA 5 1990 / Code Federal Regulations parte 50, APP J Ed.1999; y en el Manual de procedimientos para determinación de material particulado del ministerio de salud, Versión 1.2 Junio 2009. El análisis gravimétrico se encuentra acreditado bajo Norma NCh-ISO 17025.Of2005, según el certificado LE 119 emitido por el Instituto Nacional de Acreditación.

Las muestras de material particulado son recibidas en las oficinas de la empresa encargada del monitoreo y análisis de las muestras, ingresándose la información de terreno registrada en la hoja de datos de cada filtro, en las planillas de cálculo de material particulado. Esto es: fecha de muestreo, identificación de la muestra, horómetro inicial-final, y diferencial de presión inicial y final del filtro. Para la validación de los muestreos se controla el valor registrado por el horómetro (24 ± 6 horas) y la carta de registro donde se puede observar gráficamente la continuidad del muestreo y del flujo.

Para el cálculo de las concentraciones de material particulado, ya sea MP_{10} o $MP_{2,5}$, se determina el flujo estandarizado de muestreo. Con los datos de diferencial de presión del filtros, determinando un promedio de ambas lecturas para definir (P_f), se calcula la expresión correspondiente a P_o/P_a donde $P_o/P_a = 1 - (P_f/P_a)$, con P_a como la presión atmosférica del día de muestreo. Para cada equipo de muestreo, al tubo Venturi que lo compone, le corresponde una determinada tabla de calibración del flujo según las variaciones de presión y temperatura, que se identifica por su número de serie. En esta tabla se puede encontrar el flujo al que operó el equipo (Q_a) para cada valor de P_o/P_a y Temperatura. Con esta información se aplica la siguiente fórmula para determinar el flujo estandarizado (760 mm Hg, 25 °C) del muestreo:

$$Q_{std} = Q_a \left(\frac{P_a}{760 \text{ mmHg}} \right) \times \left(\frac{298}{(273 + T_a)} \right)$$

El personal responsable de la realización del procesamiento de datos y de informes se encuentra debidamente capacitado y cumple con los requisitos establecidos para el personal en el D.S. N° 61/2008 del MINSAL.

3.1.3.2. Gases

Para el caso de los gases, se cuenta con dos (2) estaciones de monitoreo que realizan mediciones de SO_2 , NO_2 , CO y O_3 . Las estaciones se detallan en la siguiente Tabla CA-5:

Tabla CA-5: Estaciones de monitoreo de gases

Área	Estación	Coordenadas UTM Dátum WGS84 huso 19 sur		Frecuencia	Periodo
		Este (m)	Norte (m)		
El Chacay	Tranque Mauro	310.431	6.458.759	Continua	23 ene –30 abr 2015
	Cuncumén	346.481	6.469.894	Continua	4 dic 2014 – 21 ene 2015
	Chacay	350.230	6.478.227	Continua	7 sept 2014 – 31 ene 2015
	Hotel Mina	354.622	6.482.533	Continua	12 sept – 30 nov 2014
Punta Chungo - Pupío	Los Vilos	263.830	6.567.102	Continua	1 Feb 2012 – 31 Mar 2013
	Caimanes	297.803	6.465.254	Continua	1 mayo – 31 jul 2015
	Tranque Mauro	310.431	6.458.759	Continua	23 ene –30 abr 2015

Los equipos utilizados para la medición en las estaciones de monitoreo de gases, se detallan en la siguiente Tabla CA-6:

Tabla CA-6: Equipos utilizados en la medición de gases

Parámetro o función	Equipo	Principio operación
Óxidos de nitrógeno	Teledyne 200E	Luminiscencia Química
Dióxido de azufre	Teledyne T100	Fluorescencia de pulso UV
Monóxido de carbono	Teledyne 300E	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación
Ozono	Teledyne 400E	Espectrofotometría UV
Sistema de adquisición de datos	Campbell CR1000	Datalogger
Sistema de aire acondicionado	Norwood	Aire caliente o frío
Estabilizador	SIDEI ATM2000	Estabilizador de tensión

3.1.3.3. Material particulado sedimentable (MPS)

Para el caso del MPS, MLP cuenta con una red de monitoreo ambiental, desde la cual se seleccionaron un total de 18 estaciones, ubicadas en el área de influencia del Proyecto. Estas estaciones se detallan en la siguiente Tabla CA-7:

Tabla CA-7: Estaciones de MPS a considerar por el Proyecto

Área	Estación de MPS	Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19 S	
		Este (m)	Norte (m)
El Chacay	Cuncumén	346.482	6.469.894
	Restauración	346.507	6.471.217
	DGA	347.115	6.471.950
Punta Chungo - Pupío	Acceso Punta Chungo	263.304	6.469.584
	Caimanes	297.805	6.465.248
	Salida Caimanes	298.064	6.463.827

Las mediciones de MPS consideradas para la presente caracterización incluyen información de los años 2012 a 2014.

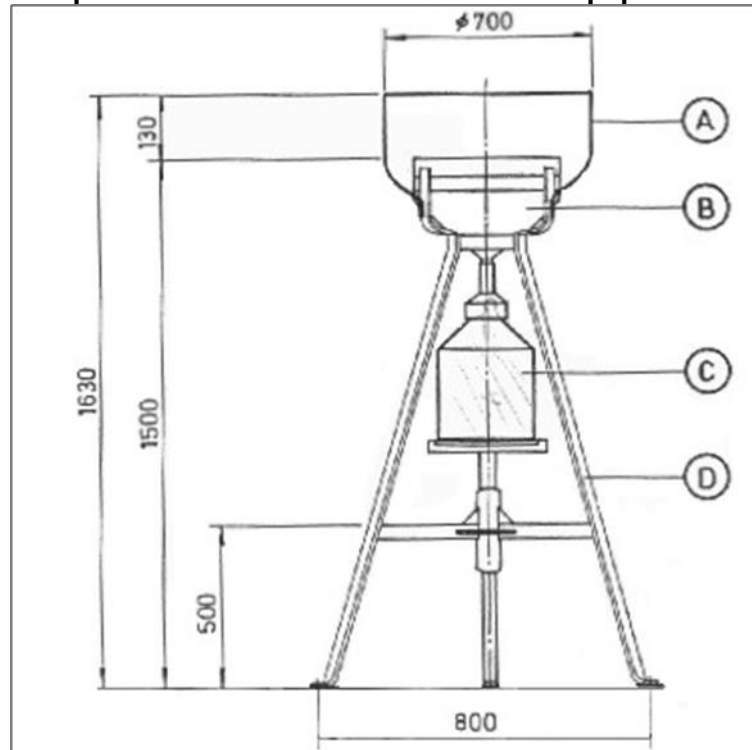
La metodología empleada en el muestreo es basada en el equipo Estándar Británico, modificado a un diámetro de 50 cm. El principio de medición se basa en un área de recepción del polvo que sedimenta, compuesto por una estructura de acero inoxidable en forma de embudo de diámetro de 50 cm, soportada en estructura de fierro de una altura aproximada de 1,5 m. Al final del embudo se ubica una botella de polietileno de alta densidad, donde se recoge lo depositado en el embudo y que es arrastrado por el agua destilada con que esta estructura es lavada para recuperar el Material Particulado.

Posteriormente, la botella identificada con el punto de monitoreo y el tiempo de muestreo, es llevada a laboratorio donde se procede a evaporar el agua que contenga y se pesa la cantidad de polvo contenida en el agua durante el tiempo de exposición. A continuación, en las Figuras CA-3 y CA-4, se muestra el equipo utilizado y sus dimensiones:

Figura CA-3: Equipo Estándar Británico



Figura CA-4: Especificaciones de la estructura del equipo Estándar Británico



- A: Armazón contra pájaros
- B: Depósito colector
- C: Envase colector
- D: Soporte muestreador

3.1.4. Normativa aplicable

Para el análisis de los parámetros medidos, se consideran las normas primarias y secundarias de calidad de aire vigentes en el país. Cabe hacer presente que el cumplimiento de normas primarias asegura que no haya riesgos a la salud de la población (Tabla CA-8), mientras que las secundarias nacionales y de referencia (Tabla CA-9), permiten proteger recursos naturales u otros, tales como cultivos, ecosistemas, especies de flora o fauna, monumentos nacionales o sitios con valor arqueológico.

El procesamiento de los datos registrados por las estaciones de monitoreo y la obtención de los estadísticos requeridos, se efectuó de acuerdo a los procedimientos señalados por las normas respectivas.

A continuación, en la Tabla CA-8, se resumen los procedimientos para obtener los estadísticos de cada parámetro:

Tabla CA-8: Cálculo de estadísticos para normas de calidad del aire vigentes en Chile

Parámetro	Tipo de Norma	Cuerpo Legal	Límite	Cálculo
MP ₁₀	Norma Primaria	D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES (*)	150 µg/m ³ N	Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual
			50 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años calendario consecutivos
MP _{2,5}	Norma Primaria	D.S. N° 12/2011 del MMA	50 µg/m ³	Percentil 98 de los promedio diarios registrados durante un año
			20 µg/m ³	Promedio tri-anual de las concentraciones anuales
NO ₂	Norma Primaria	D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES	400 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario
			100 µg/m ³ N	Promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos
SO ₂	Norma Primaria	D.S. N° 113/2002 del MINSEGPRES	250 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año calendario
			80 µg/m ³ N	Promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos
	Norma Secundaria	D.S. N° 22/2009 del MINSEGPRES	Zona Norte: 1.000 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años calendario sucesivos del Percentil 99,73 de la concentración máxima de horaria
			Zona Norte: 365 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años calendario sucesivos del Percentil 99,7 de las concentraciones diarias
Zona Norte: 80 µg/m ³ N	Promedio anual de 3 años sucesivos.			
CO	Norma Primaria	D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES	30 mg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario
			10 mg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas (promedio móvil) registrados durante un año calendario

Parámetro	Tipo de Norma	Cuerpo Legal	Límite	Cálculo
O ₃	Norma Primaria	D.S. N°112/2002 del MINSEGPRES	120 µg/m ³ N	Promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas (promedio móvil) registrados durante un año calendario.

* El Decreto N° 20/2013 del MMA, que actualizaba la norma primaria para MP₁₀, fue derogado el 17 de octubre 2015 por sentencia s/n del Segundo Tribunal Ambiental de Santiago, por lo que se mantiene la vigencia el D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES.

Respecto de la normativa secundaria, solo para SO₂, se cuenta con una norma secundaria de calidad del aire vigente en Chile, que corresponde al D.S. N° 22/2009 del MINSEGPRES.

Para MP₁₀, MP_{2,5}, CO, NO₂ y O₃ no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA (Tabla CA-9). Respecto del Material Particulado Sedimentable (MPS), en el Plan Integral de Seguimiento y Monitoreo que presenta semestralmente el titular ante la SMA, se establece como norma de referencia la norma del Estado de Montana (Estados Unidos) por medio del documento Administrative Rules of Montana, ARM, Título 17, Capítulo 8, Sub-capítulo 2, 17.8.220 "Ambient Air Quality Standard For Settled Particulate Matter", donde se establece un valor máximo de 10 g/m² como valor promedio en 30 días, es decir 333 mg/m²-día. (Normas de referencia incluida en Anexo LB-2 de este capítulo)

Tabla CA-9: Normas secundarias de referencia

Parámetro	Norma de Referencia	Estadístico	Valor
MPS	Decreto Exento N°04/92 del MINAGRI	Concentración media aritmética mensual.	150 mg/m ² -día
		Concentración media aritmética anual.	100 mg/m ² -día
	MPS, Estado de Montana, EEUU	Concentración media aritmética mensual.	333 mg/m ² -día
MP ₁₀	EPA, Particle pollution Dec 14, 2012	Concentraciones de 24-horas. No puede ser excedida más de una vez por año en promedio trianual	150 µg/m ³
MP _{2,5}	EPA, Particle pollution Dec 14, 2012	Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, promedio de 3 años	35 µg/m ³
		Promedio de 3 años de la media anual de concentraciones	15 µg/m ³
NO ₂	EPA, Nitrogen Dioxide 61 FR 52852, Oct 8, 1996	Anual	0,053 ppm / 100 µg/m ³ N ⁴
O ₃	EPA, Ozone [40 CFR Parts 50,51, 52, 53 y 58]. Oct 26, 2015	Promedio trianual del 4º valor más alto del año del máximo diario de concentración de 8 horas	0,070 ppm / 137 µg/m ³ N ⁵

Además, según compromiso adquirido en respuesta a Ordinario N° 0509 del 26 de Marzo de 2007, MLP acepta la solicitud del SAG de Coquimbo en relación a aplicar el Decreto Exento N°04/92 del MINAGRI que establece "Normas de Calidad del Aire para material particulado sedimentable en la cuenca del río Huasco, III Región", pero sólo a modo de referencia para realizar posteriormente la evaluación de impactos, sin que ésta involucre una obligación de cumplimiento.

Este Decreto establece en el Artículo N° 4 la norma secundaria de calidad ambiental, cuyos valores máximos son los siguientes:

^{4 4} Normalizado a condiciones normales de temperatura y presión: 25°C y 1 atm.

- 150 mg/(m² día) como concentración media aritmética mensual.
- 100 mg/(m² día) como concentración media aritmética anual.

De acuerdo a Ordinario N°CE 712 del 22 de Junio de 2011 (Anexo CA-2), el Servicio de Evaluación Ambiental notifica a MLP que las concentraciones permisibles en la Norma Secundaria de Huasco, no constituyen una normativa aplicable en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y se utiliza sólo a modo de referencia para realizar posteriormente la evaluación de impactos.

3.1.5. Resultados

En la siguiente sección, se presentan los resultados obtenidos de los monitoreos de cada uno de los parámetros registrados por las estaciones seleccionadas. Además, se incluye un análisis de los antecedentes generales que se han recabado para anteriores procesos ambientales de MLP.

3.1.5.1. Antecedentes generales

La recopilación de antecedentes disponibles que permitieran la elaboración de la presente línea de base, se llevó a cabo mediante la revisión de las distintas resoluciones de calificación ambiental con que cuenta MLP, en las que se mencionan aspectos relevantes para la componente de calidad del aire, tales como sectores para la ubicación de las estaciones de monitoreo, parámetros a ser monitoreados, frecuencia de medición, metodología de registro de datos y normativa de evaluación.

De los antecedentes revisados, la información relevante se presenta a continuación:

➤ **RCA N° 71/1997 del Proyecto “Expansión Minera Los Pelambres 85.000 tpd”**

Para la elaboración de la línea de base de calidad del aire de este proyecto, se consideraron los monitoreos en el área Punta Chungo.

El área de estudio Punta Chungo comprendió los siguientes sectores:

- Sector Punta Chungo para el Terminal Marítimo.
- Superficie aproximada de 25 ha para el regadío con las aguas provenientes de la Planta de Filtros.
- Terrenos adyacentes a la planta y al predio de forestación (incluye Laguna Conchalí).

Para determinar la línea de base de calidad del aire del área de Punta Chungo, se monitoreó material particulado respirable MP₁₀ durante el periodo junio-julio de 1996, en la estación de Servicio Pronto Copec instalada a 2,5 km aproximadamente al norte de Los Vilos. Específicamente, la campaña se realizó entre los días 17 de junio y 14 de julio de 1996, con una frecuencia de muestreo cada 3 días por un periodo de 24 horas.

Los resultados mostraron que las concentraciones de MP₁₀ estuvieron comprendidas entre 36-63 µg/m³N, con un valor medio de 48 µg/m³N.

Adicionalmente, es importante mencionar que en esta resolución de calificación ambiental se establecieron las mediciones de material particulado respirable (MP₁₀) comprometidas en el sector de Punta Chungo. Por otra parte, es necesario mencionar que los monitoreos de MP₁₀ se definieron sobre la base de registros de 24 horas, cada 3 días, durante periodos de 30 días (10 registros en un mes). En cuanto al sector de Punta Chungo, el monitoreo se comprometió cuatro veces al año: un mes en verano, un mes en otoño, un mes en invierno y un mes en primavera.

➤ **RCA N° 83/1998 del Proyecto “Modificación muelle mecanizado Los Pelambres”**

Para determinar la línea de base de calidad del aire del área de Punta Chungo, se monitoreó material particulado respirable (MP₁₀) durante el periodo junio-julio de 1996. Cabe mencionar que este periodo y sector de monitoreo corresponde al mismo indicado al área de estudio Punta Chungo en la RCA N° 71/1997. Por lo tanto, las concentraciones obtenidas son exactamente las mismas, las cuales fluctuaron entre 36 y 63 µg/m³N, con un valor medio de 48 µg/m³N.

Además, esta resolución contempló el monitoreo de calidad del aire para material particulado respirable (MP₁₀) en el área de Punta Chungo, realizado trimestralmente sobre registros de 24 horas, cada tres días, durante periodos de 30 días (10 registros en un mes), determinando mediciones en verano, otoño, invierno y primavera.

➤ **RCA N° 38/2004 del “Proyecto Integral de Desarrollo”**

Para determinar la línea de base de calidad del aire del Proyecto Integral de Desarrollo, se parceló en tres áreas: El Chacay-Punta Chungo; El Mauro y Depósito de estériles. A su vez, el área de estudio El Chacay-Punta Chungo se subdividió en sub-área El Chacay y sub-área Punta Chungo. En la sub-área Punta Chungo, de la estación del mismo nombre que registró MP₁₀, se obtiene que los valores fluctúen entre 19 y 64 µg/m³N, con registros comprendidos entre el año 1999 y 2002.

A continuación, en la Tabla CA-10 se muestran los valores promedios de concentraciones de MP₁₀ registrados en la Sub-área El Mauro:

Tabla CA-10: Concentraciones promedio de MP₁₀ registradas entre el año 1999 y 2002

Sector	Rango (µg/m ³ N)
Sub-área El Mauro (*)	33

* Los registros de concentraciones de MP₁₀ fueron obtenidos de la estación Caimanes y el promedio fue calculado en función de 115 días de monitoreo, ya que no se contaba con un registro temporal mayor.

Además, es importante mencionar que esta resolución contempló el monitoreo de la calidad del aire, en la etapa de construcción, para el poblado de Camisas, estación considerada en la presente línea base.

3.1.5.2. Área El Chacay

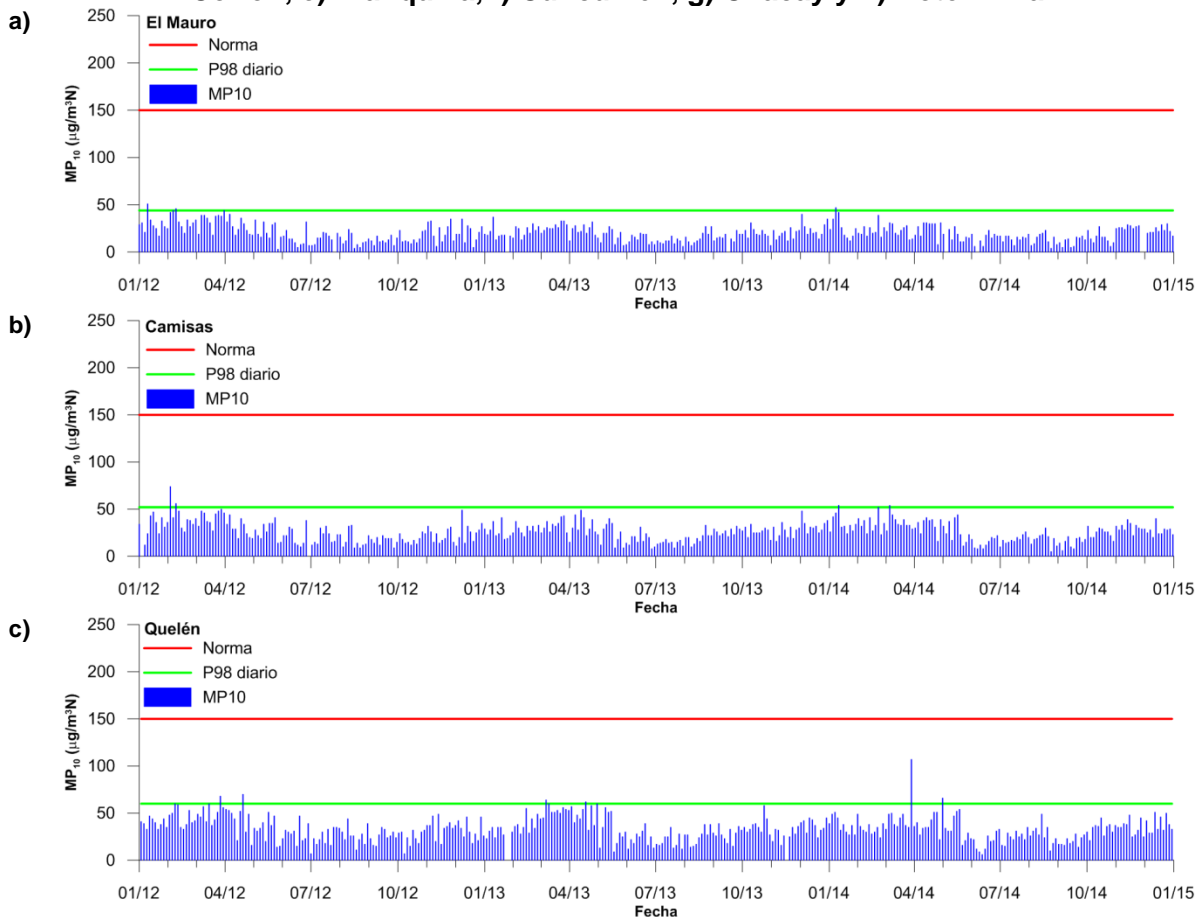
- *Material particulado respirable (MP₁₀)*

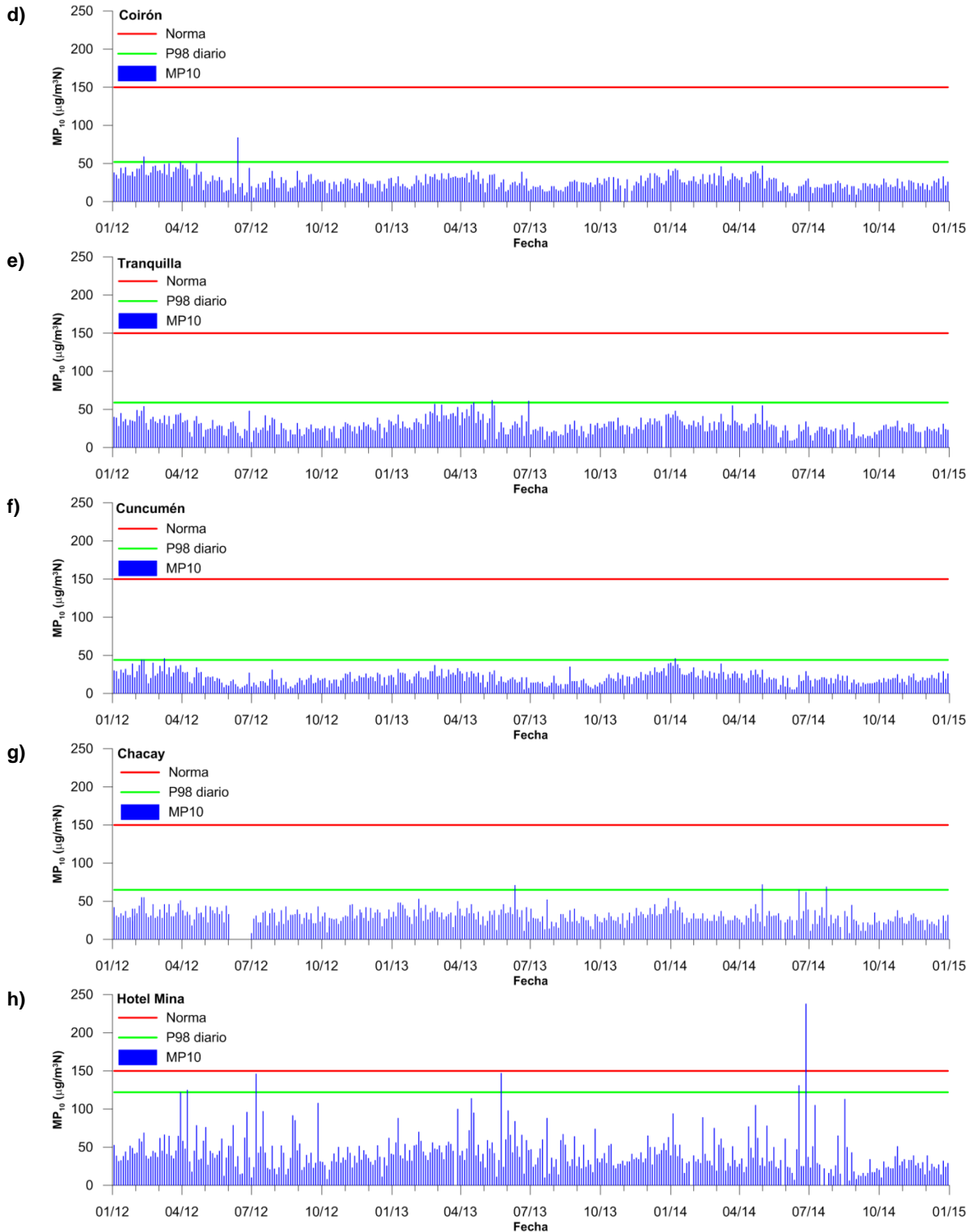
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de material particulado respirable MP₁₀, para las estaciones El Mauro, Camisas, Quelén, Coirón, Tranquilla, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

- Norma Primaria MP₁₀

A continuación, en la Figura CA-5 se presentan las concentraciones discretas de MP₁₀, medidas cada tres días, en las estaciones anteriormente definidas, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde indica el mayor estadístico percentil 98 diario anual, registrado durante el periodo 2012 – 2014).

Figura CA-5: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP₁₀ Percentil 98 diario con respecto a norma primaria de MP₁₀. Estaciones; a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina





A continuación, en la Tabla CA-11 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de MP_{10} durante el periodo 2012-2014:

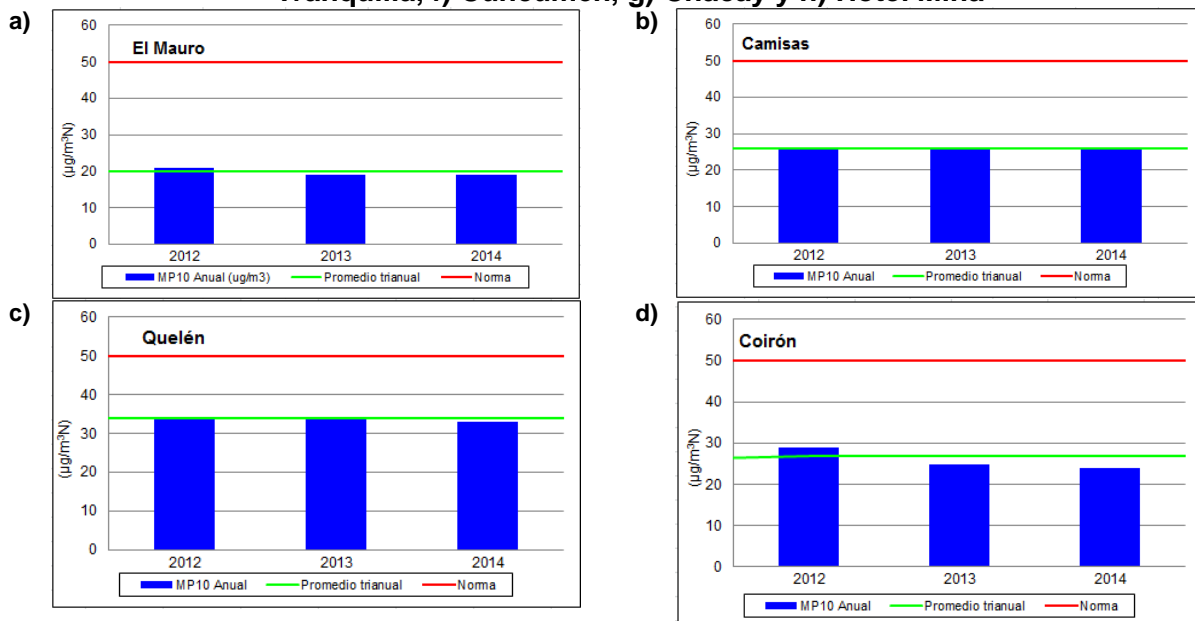
Tabla CA-11: Cumplimiento Norma diaria MP₁₀ Percentil 98 diario

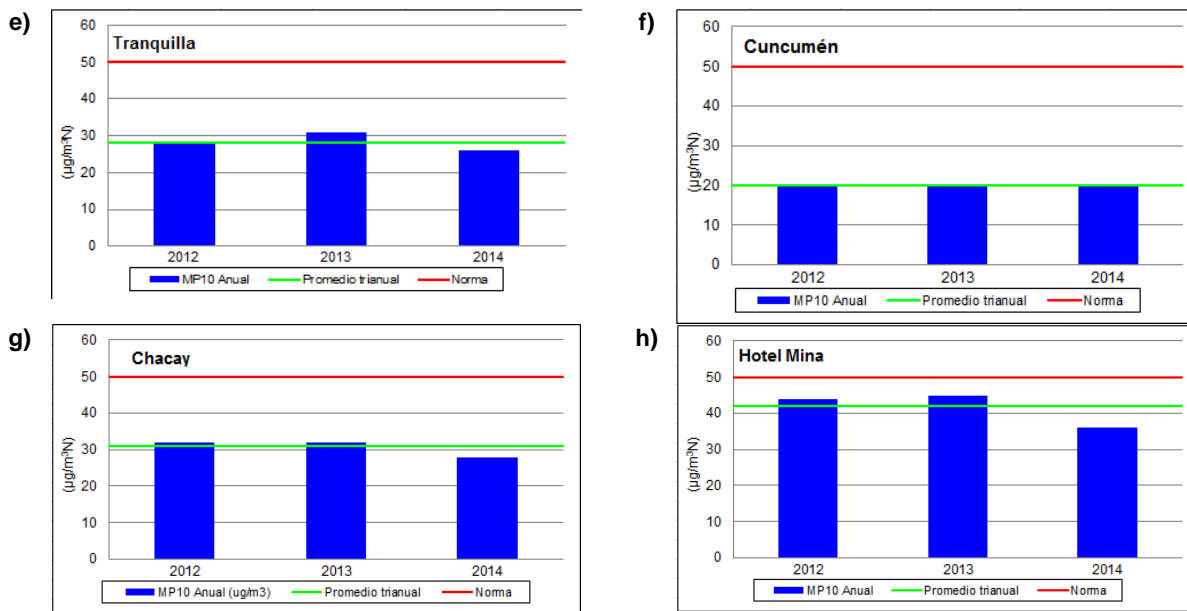
Estación	2012 [µg/m ³ N]	2013 [µg/m ³ N]	2014 [µg/m ³ N]	Norma [µg/m ³ N]	% peor condición respecto a la norma
El Mauro	44	35	39	150	29%
Camisas	50	43	52	150	37%
Quelén	60	60	54	150	40%
Coirón	52	39	43	150	35%
Tranquilla	48	59	48	150	39%
Cuncumén	44	34	39	150	29%
Chacay	51	53	65	150	43%
Hotel Mina	122	100	113	150	75%

Según lo mostrado en la Figura CA-5 y Tabla CA-11, se concluye que los valores registrados de MP₁₀ en las estaciones del Área El Chacay, corresponden a concentraciones bajo el límite la norma diaria de MP₁₀. La peor condición se registra en la estación Hotel Mina, con un 75% de la norma para el peor año (2014).

En la Figura CA-6 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de MP₁₀, calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, entre los años 2012 y 2014, en las estaciones El Mauro, Camisas, Quelén, Coirón, Tranquilla, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-6: Concentraciones promedios anuales de MP₁₀ con respecto a norma primaria de MP₁₀. Estaciones: a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina





A continuación, en la Tabla CA-12 se entrega el promedio trianual de los valores registrados de MP₁₀, durante el periodo evaluado (2012-2014):

Tabla CA-12: Cumplimiento Norma primaria de MP₁₀ Promedio Anual

Estación	2012 [µg/m ³ N]	2013 [µg/m ³ N]	2014 [µg/m ³]	Promedio [µg/m ³ N]	Norma [µg/m ³ N]	% respecto a la norma
El Mauro	21	19	19	20	50	40%
Camisas	26	25	26	26	50	52%
Quelén	34	34	33	34	50	68%
Coirón	29	25	24	26	50	53%
Tranquilla	28	31	26	28	50	58%
Cuncumén	20	20	20	20	50	40%
Chacay	32	32	28	31	50	62%
Hotel Mina	44	45	36	42	50	82%

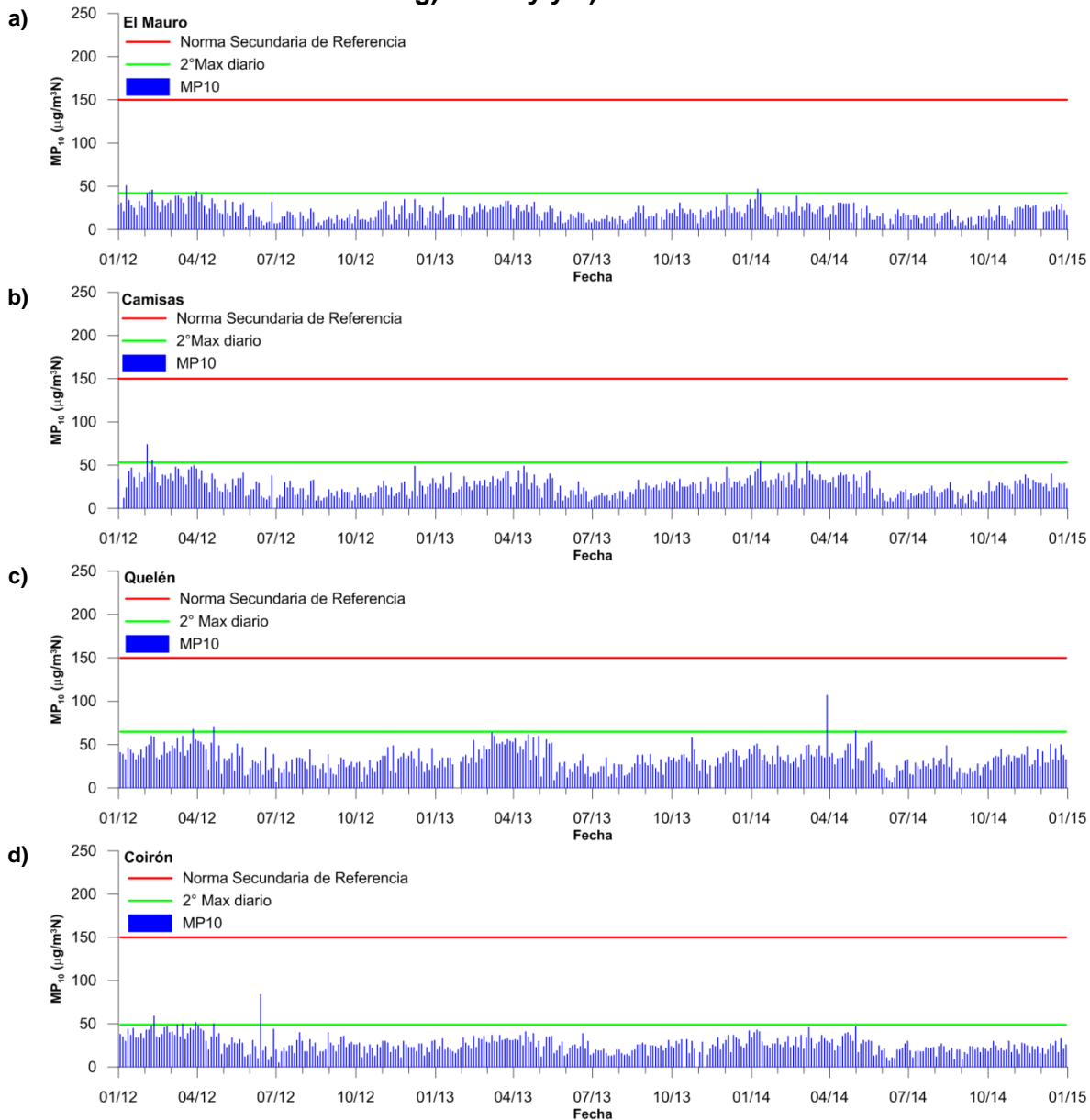
Según lo mostrado en la Figura CA-6 y Tabla CA-12, los valores trianuales de MP₁₀ en todas las estaciones se encuentran bajo el límite normado. La mayor concentración anual se registra en la estación Hotel Mina, correspondiendo a un 82% del valor límite, por lo que esta estación muestra latencia.

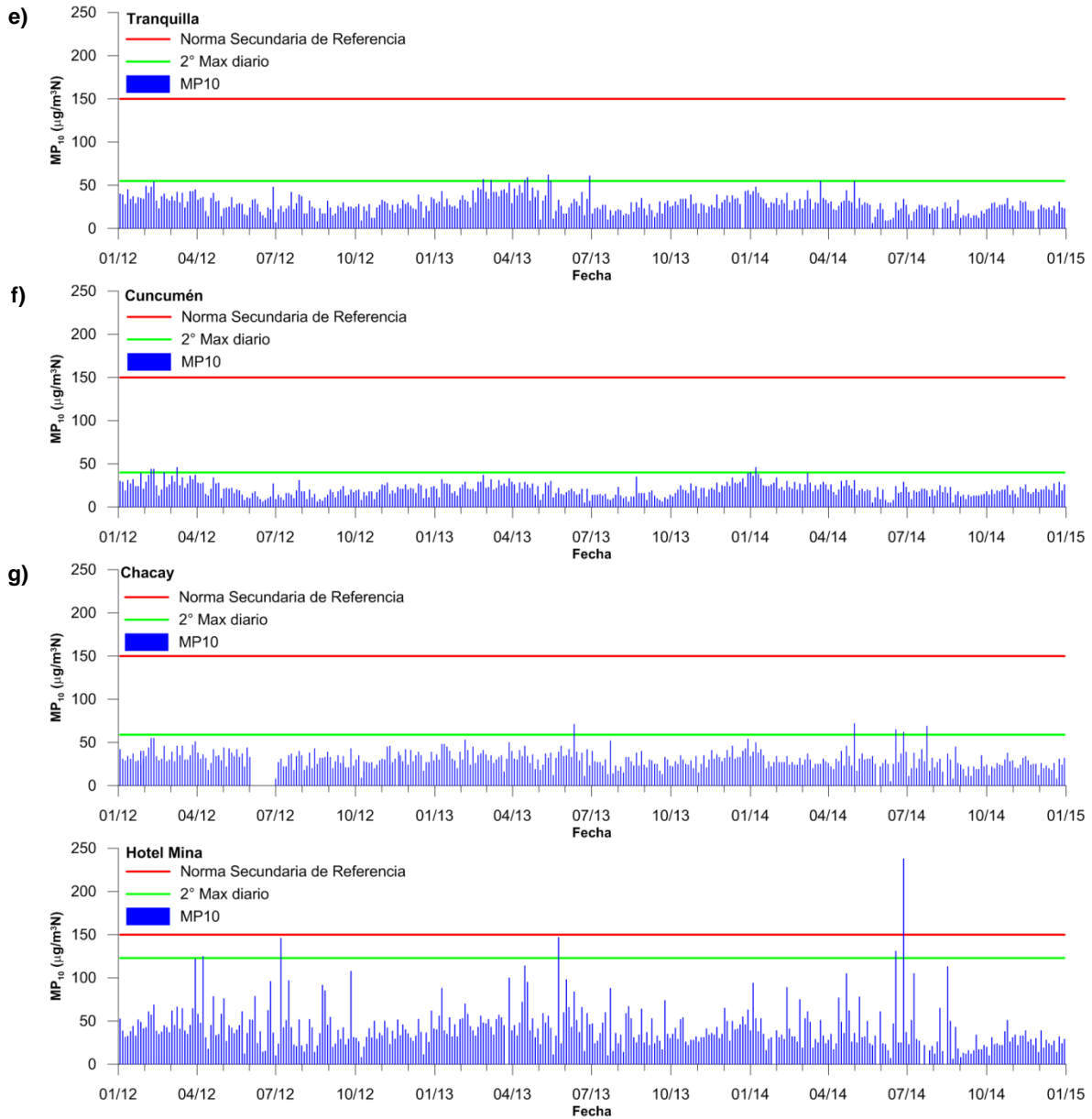
- Norma Secundaria de Referencia para MP₁₀

Tal como se mencionó en el punto 1.1.1.4. Normativa aplicable, para MP₁₀ no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA (Tabla CA-9), que establece un límite para las concentraciones de 24 horas de 150 µg/m³ que no se puede sobrepasar más de una vez por año, por tanto su cumplimiento se verifica comparando el segundo valor máximo con respecto al límite establecido.

A continuación, en la Figura CA-7 se presentan las concentraciones discretas de MP_{10} , medidas cada tres días en las estaciones del Área El Chacay. La norma secundaria establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el 2° valor máximo diario de los valores monitoreados (línea verde), para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014.

Figura CA-7: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{10} (2° valor máximo diario) con respecto a la Norma Secundaria de Referencia para MP_{10} . Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina





Se observa que los valores medidos cumplen con el límite de la norma secundaria de referencia, durante todo el periodo analizado, excepto en los meses de junio y julio 2014 en la estación Hotel Mina.

A continuación, en la Tabla CA-13 se entrega el 2° valor máximo de los valores registrados de MP₁₀ durante el periodo 2012-2014.

Tabla CA-13: Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia - MP₁₀ 2° Max diario

Estación	2012 [µg/m ³ N]	2013 [µg/m ³ N]	2014 [µg/m ³]	Promedio [µg/m ³]	Norma Secundaria de Referencia [µg/m ³]	% respecto a la norma
El Mauro	46	37	42	42	150	28%
Camisas	56	48	54	53	150	36%
Quelén	68	62	66	65	150	45%
Coirón	59	41	46	49	150	33%
Tranquilla	49	61	55	55	150	38%
Cuncumén	44	37	40	40	150	27%
Chacay	55	54	69	59	150	39%
Hotel Mina	125	114	131	123	150	81%

Según lo indicado en la Figura CA-7 y Tabla CA-13, los valores registrados de MP₁₀ en las estaciones del Área El Chacay, se encuentran por debajo del límite de la norma secundaria de referencia EPA. El mayor valor se registra en la estación Hotel Mina, con un 81% de la norma secundaria EPA de referencia (150 µg/m³).

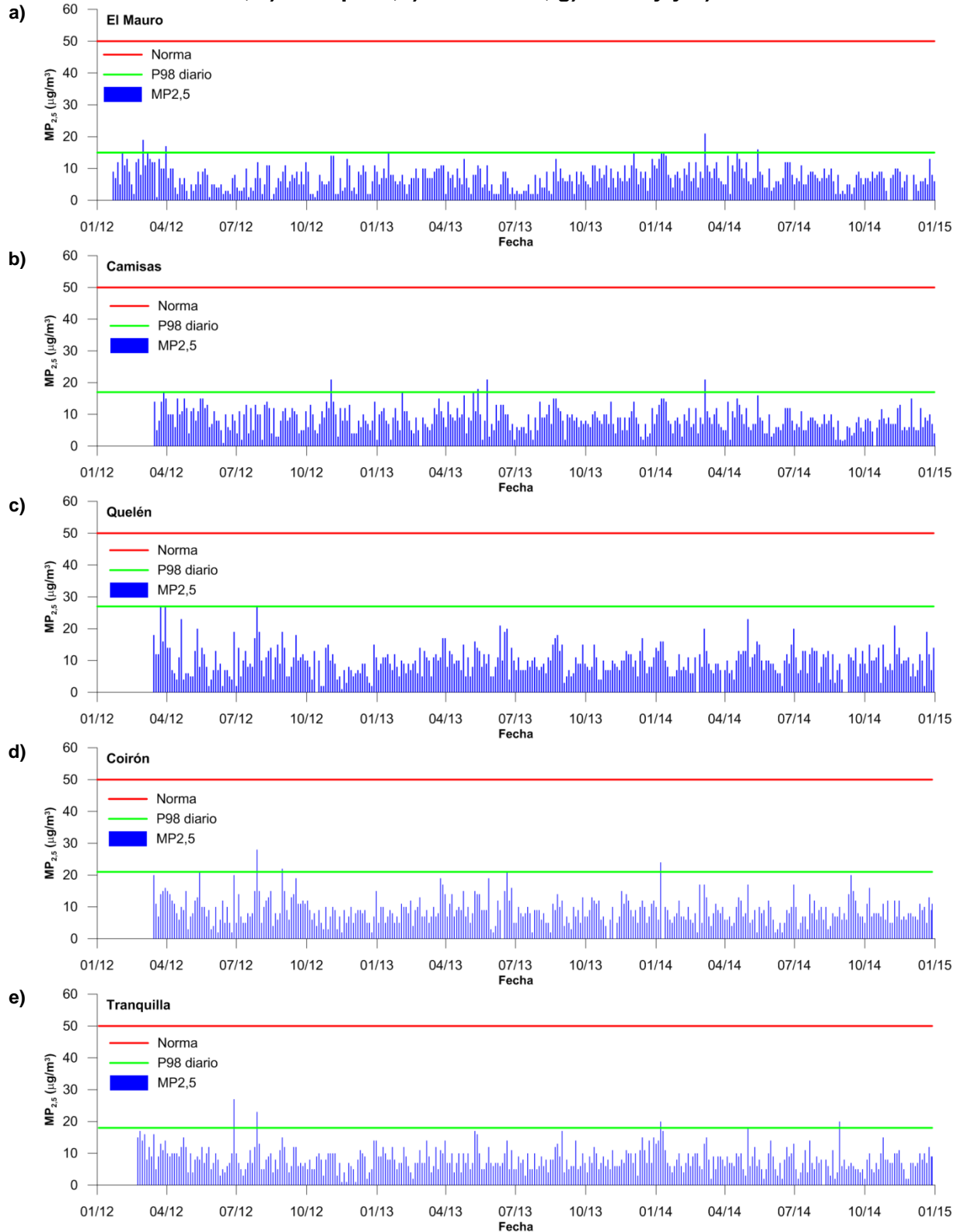
- Material particulado respirable fino (MP_{2,5})

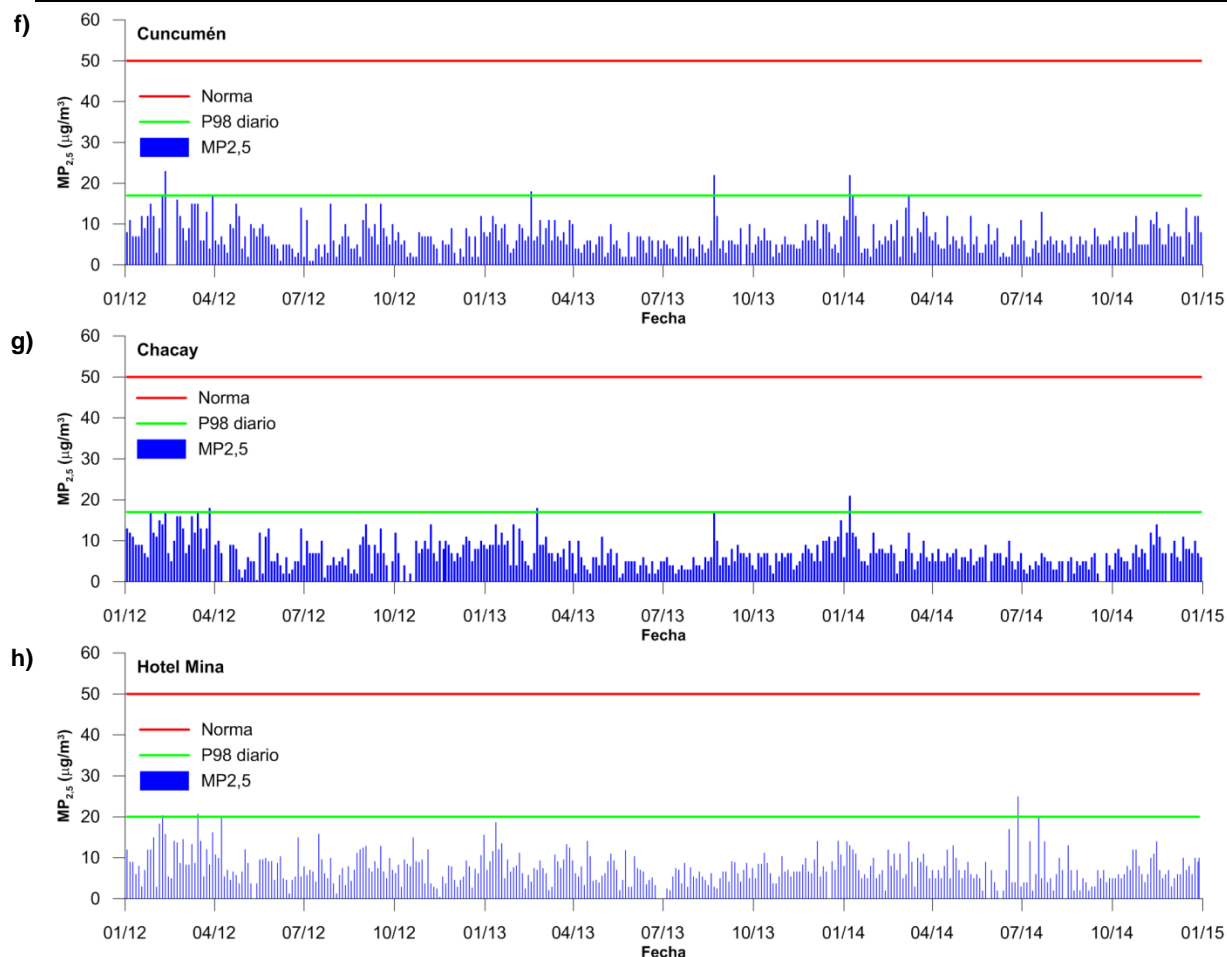
En la siguiente sección se presentan los resultados de los monitoreos de material particulado respirable MP_{2,5}, para las estaciones El Mauro, Camisas, Quelén, Coirón, Tranquilla, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

- Norma primaria MP_{2,5}

En la Figura CA-8, se muestran las concentraciones discretas de MP_{2,5} registradas cada tres días, en las estaciones El Mauro, Camisas, Quelén, Coirón, Tranquilla, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde, indica el mayor valor, registrado durante el periodo 2012 – 2014. Cabe señalar que los periodos de datos monitoreados se presentan en la Tabla CA-4.

Figura CA-8: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{2,5} Percentil 98 diario con respecto a Norma Primaria de MP_{2,5}. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina





A continuación, en la Tabla CA-14 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de MP_{2,5} durante el periodo 2012 - 2014:

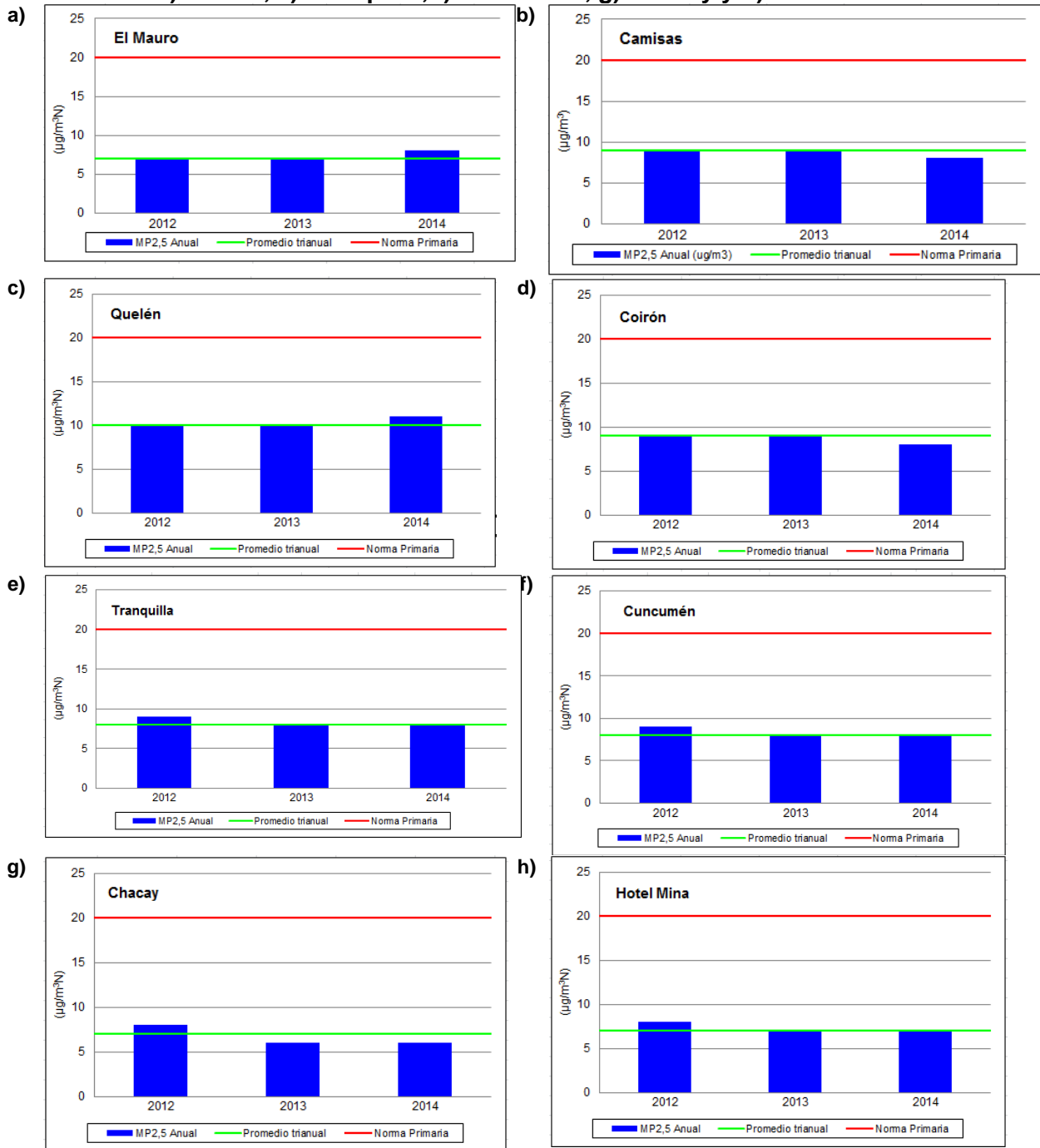
Tabla CA-14: Cumplimiento Norma Diaria MP_{2,5} Percentil 98 diario

Estaciones	2012 [µg/m ³]	2013 [µg/m ³]	2014 [µg/m ³]	Norma diaria [µg/m ³]	% peor condición respecto a la norma
El Mauro	15	13	15	50	30%
Camisas	15	17	15	50	34%
Quelén	27	19	21	50	54%
Coirón	21	19	17	50	42%
Tranquilla	17	16	18	50	36%
Cuncumén	17	12	17	50	34%
Chacay	17	15	12	50	34%
Hotel Mina	20	14	17	50	40%

Según lo indicado en la Figura CA-8 y Tabla CA-14, los valores registrados de MP_{2,5} en las estaciones del Área El Chacay, se encuentran por debajo del límite de la norma. La peor condición se registra en la estación Quelén con una 54% de la norma (50 µg/m³).

En la Figura CA-9 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de MP_{2,5} calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014, en las estaciones del Área El Chacay:

Figura CA-9: Concentraciones promedio anuales de MP_{2,5} con respecto a Norma Primaria de MP_{2,5}, periodo 2012 – 2014, Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina



En la Tabla CA-15 presentada a continuación, se entrega el promedio anual de los valores de MP_{2,5} registrados en las estaciones del Área El Chacay.

Tabla CA-15: Cumplimiento Norma Primaria - Promedio Anual MP_{2,5}

Estadístico	2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Norma [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% respecto a la norma
El Mauro	7	7	8	7	20	35%
Camisas	9	9	8	9	20	45%
Quelén	10	10	11	10	20	50%
Coirón	9	9	8	9	20	45%
Tranquilla	9	8	8	8	20	40%
Cuncumén	7	6	7	7	20	35%
Chacay	8	6	6	7	20	35%
Hotel Mina	8	7	7	7	20	35%

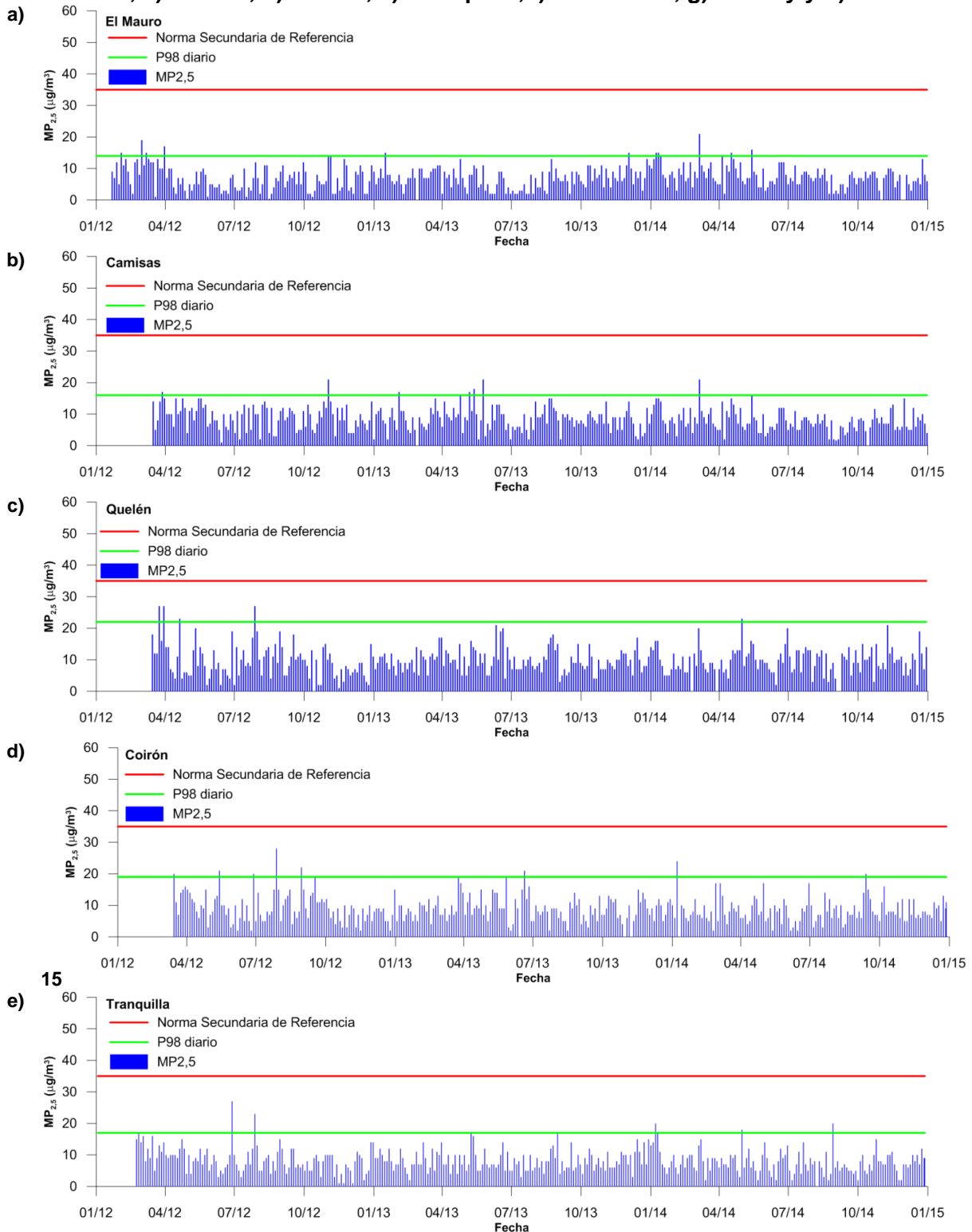
Según lo indicado en la Figura CA-9 y Tabla CA-15, los valores trianuales de MP_{2,5}, en todas las estaciones del Área El Chacay se encuentran por debajo del límite de norma y que el mayor valor se registra en la estación Quelén con una 50% de la norma (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

- Norma Secundaria de Referencia MP_{2,5}

Tal como se mencionó en el punto 1.1.1.4. Normativa aplicable, para MP_{2,5} no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA (Tabla CA-9), que establece un límite para el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para la media anual de concentraciones de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la Figura CA-10 presentada a continuación, se muestran las concentraciones discretas de MP_{2,5} registradas cada tres días, en las estaciones del Área El Chacay, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde), para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014.

Figura CA-10: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{2,5} P98 diario con respecto a Norma Secundaria de Referencia para MP_{2,5}. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina





A continuación, en la Tabla CA-16 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de $MP_{2,5}$ durante el periodo 2012 - 2014:

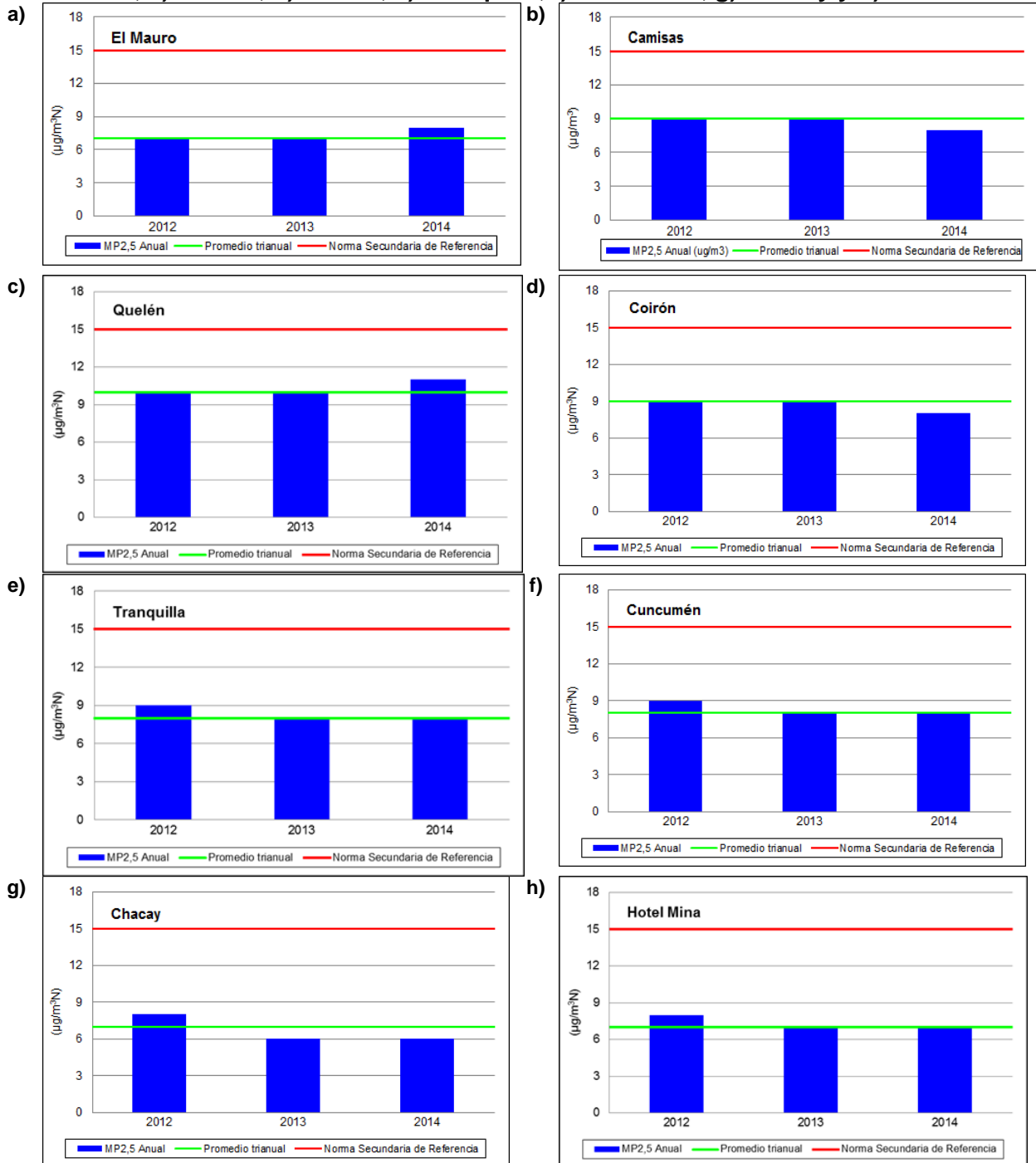
Tabla CA-16: Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia $MP_{2,5}$ Percentil 98 diario

Estación	2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Norma Secundaria de Referencia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% respecto a la norma
El Mauro	15	13	15	14	35	40%
Camisas	15	17	15	16	35	46%
Quelén	27	19	21	22	35	63%
Coirón	21	19	17	19	35	54%
Tranquilla	17	16	18	17	35	49%
Cuncumén	17	12	17	15	35	43%
Chacay	17	15	12	15	35	43%
Hotel Mina	20	14	17	17	35	49%

De acuerdo a lo anterior, los valores registrados de $MP_{2,5}$ en las estaciones evaluadas, cumplen con el límite de la norma secundaria de referencia, correspondiendo el percentil 98 máximo obtenido a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del promedio del periodo 2012 – 2014 monitoreado en estación Quelén, equivalente a un 63% de la norma ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En la Figura CA-11 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de $MP_{2,5}$ calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014.

Figura CA-11: Concentraciones promedios anuales de $MP_{2,5}$ con respecto a Norma Secundaria de Referencia para $MP_{2,5}$, Periodo 2012 – 2014. Estaciones a) El Mauro, b) Camisas, c) Quelén, d) Coirón, e) Tranquilla, f) Cuncumén, g) Chacay y h) Hotel Mina



En la Tabla CA-17 presentada a continuación, se entrega el promedio trianual de los valores de MP_{2,5} registrados en la estación Camisas, durante el periodo evaluado (2012 - 2014):

Tabla CA-17: Cumplimiento Norma Secundaria de Referencia Anual MP_{2,5}

Estación	2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Norma Secundaria de Referencia [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% respecto a la norma
El Mauro	7	7	8	7	15	47%
Camisas	9	9	8	9	15	60%
Quelén	10	10	11	10	15	67%
Coirón	9	9	8	9	15	60%
Tranquilla	9	8	8	8	15	53%
Cuncumén	7	6	7	7	15	47%
Chacay	8	6	6	7	15	47%
Hotel Mina	8	7	7	7	15	47%

Según lo indicado en la Figura CA-11 y Tabla CA-17, el valor máximo trianual de MP_{2,5} (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), monitoreado en la estación Quelén cumple con el límite de la norma, correspondiendo a un 67% de la norma secundaria de referencia (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

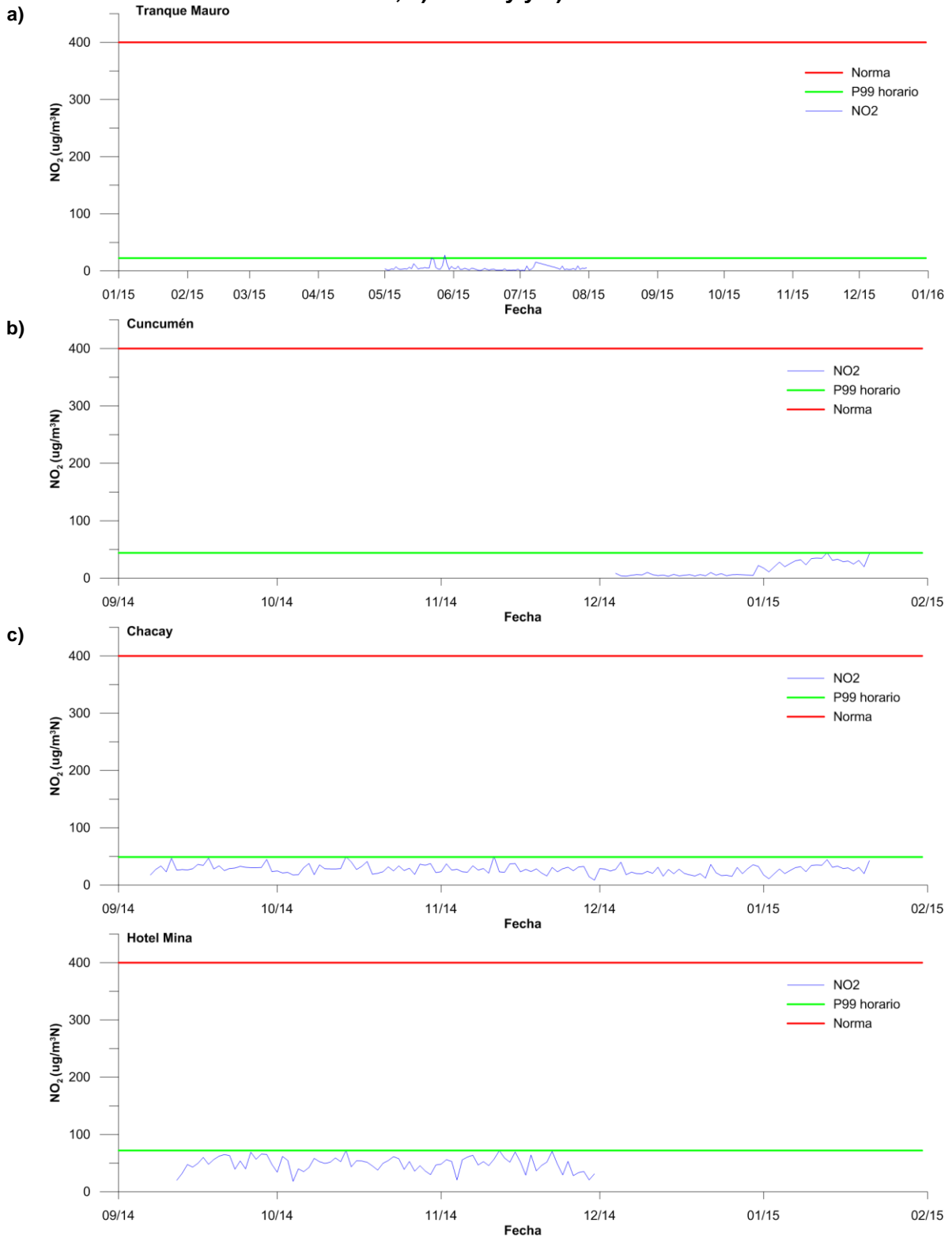
- *Dióxido de Nitrógeno (NO₂)*

En la siguiente sección se presentan los resultados de los monitoreos de dióxido de nitrógeno NO₂, para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

- Norma Primaria para NO₂

A continuación, en la Figura CA-12 se muestra el gráfico correspondiente al percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO₂ registrados en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-12: Percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO₂ con respecto a Norma Primaria para NO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina



En la Tabla CA-18 que se presenta a continuación, se entregan los resultados del percentil 99 horario de NO₂ obtenido para el periodo analizado:

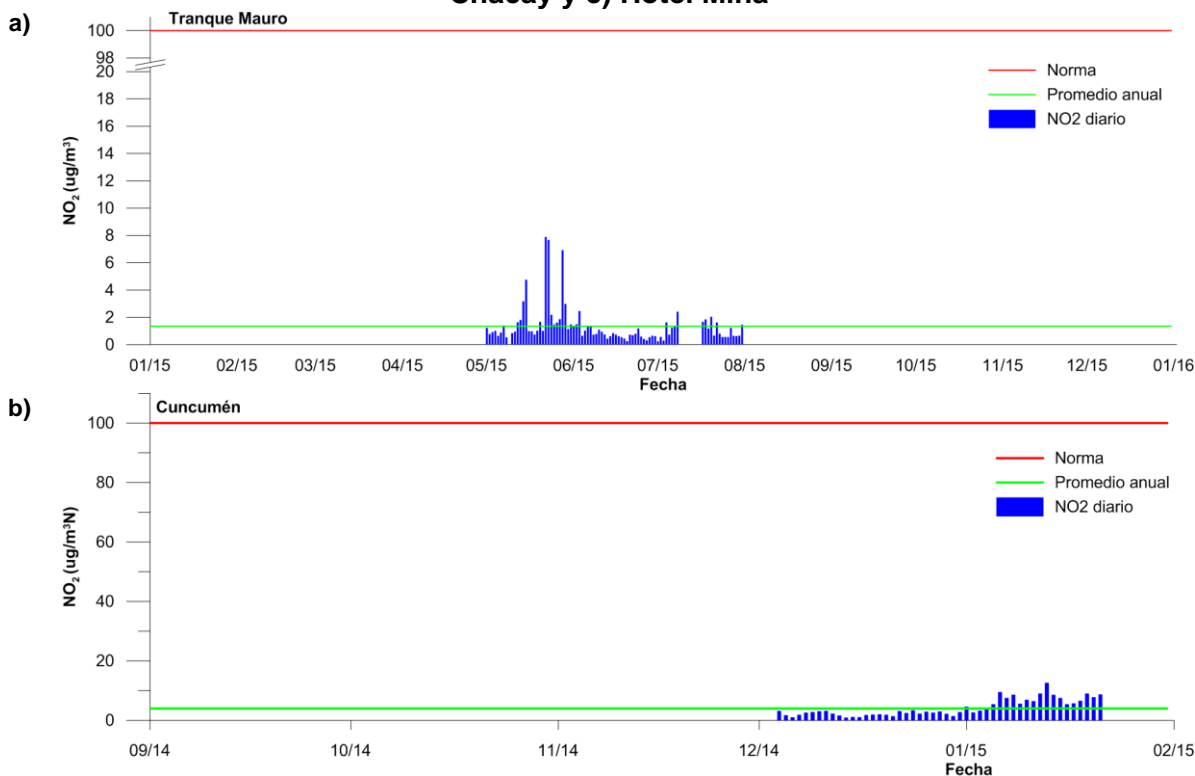
Tabla CA-18: Cumplimiento Norma NO₂, Percentil 99 horario

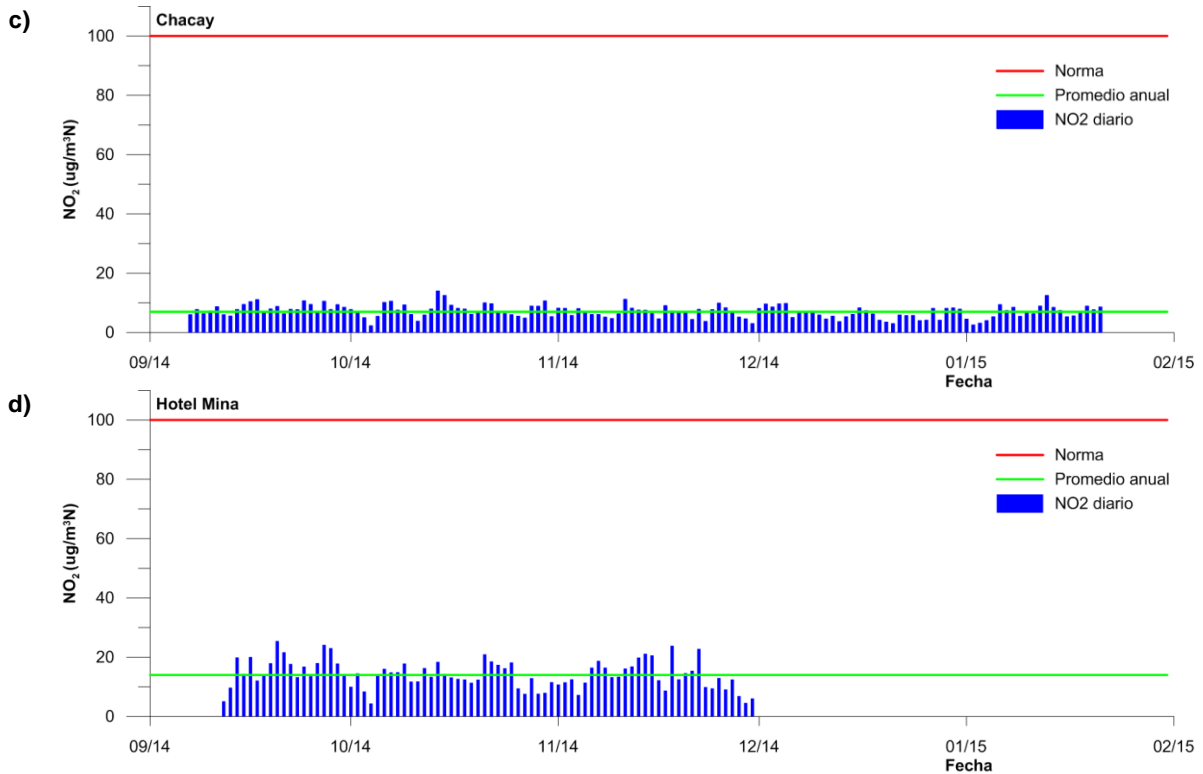
Estación	Periodo	P99 horario [µg/m ³ N]	Norma horaria [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	23	400	6%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	44	400	11%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	49	400	12%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	72	400	18%

Según lo indicado en la Figura CA-12 y la Tabla CA-18, los valores del estadístico presentado, solo con fines referenciales, se encuentran bajo la norma establecida para el periodo analizado, mostrando un máximo en la estación Hotel Mina, con 72 µg/m³N equivalente a un 18% del valor horario normado (400 µg/m³N).

En la Figura CA-13 a continuación, se muestran las concentraciones anuales de NO₂ obtenidas en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-13: Concentración de NO₂ (promedio anual) del periodo registrado con respecto a Norma Primaria para NO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina





A continuación, en la Tabla CA-19, se entrega el promedio por estación monitorea de las concentraciones de NO₂ para el periodo analizado.

Tabla CA-19: Cumplimiento Norma Promedio Anual NO₂

Estación	Periodo	Promedio del Periodo [µg/m ³ N]	Norma Anual [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	1	100	1%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	4	100	4%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	7	100	7%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	14	100	14%

A partir de lo indicado en la Figura CA-13 y Tabla CA-19, los valores medidos durante el periodo analizado a modo referencial se encuentran bajo el límite de la norma primaria, correspondiendo el promedio máximo de las concentraciones de NO₂ a 14 µg/m³N, que es equivalente a un 14% del valor de la norma anual (100 µg/m³N).

- Normativa Secundaria de Referencia para NO₂

Tal como se mencionó en el punto 1.1.1.4. Normativa aplicable, para NO₂ no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA (Tabla CA-9), que establece un límite para la media anual de concentraciones de 100 µg/m³.

A continuación, en la Tabla CA-20, se entrega el promedio de las concentraciones de NO₂ para cada año del periodo analizado, cabe señalar que los porcentajes obtenidos son los mismos que para la norma primaria presentada anteriormente.

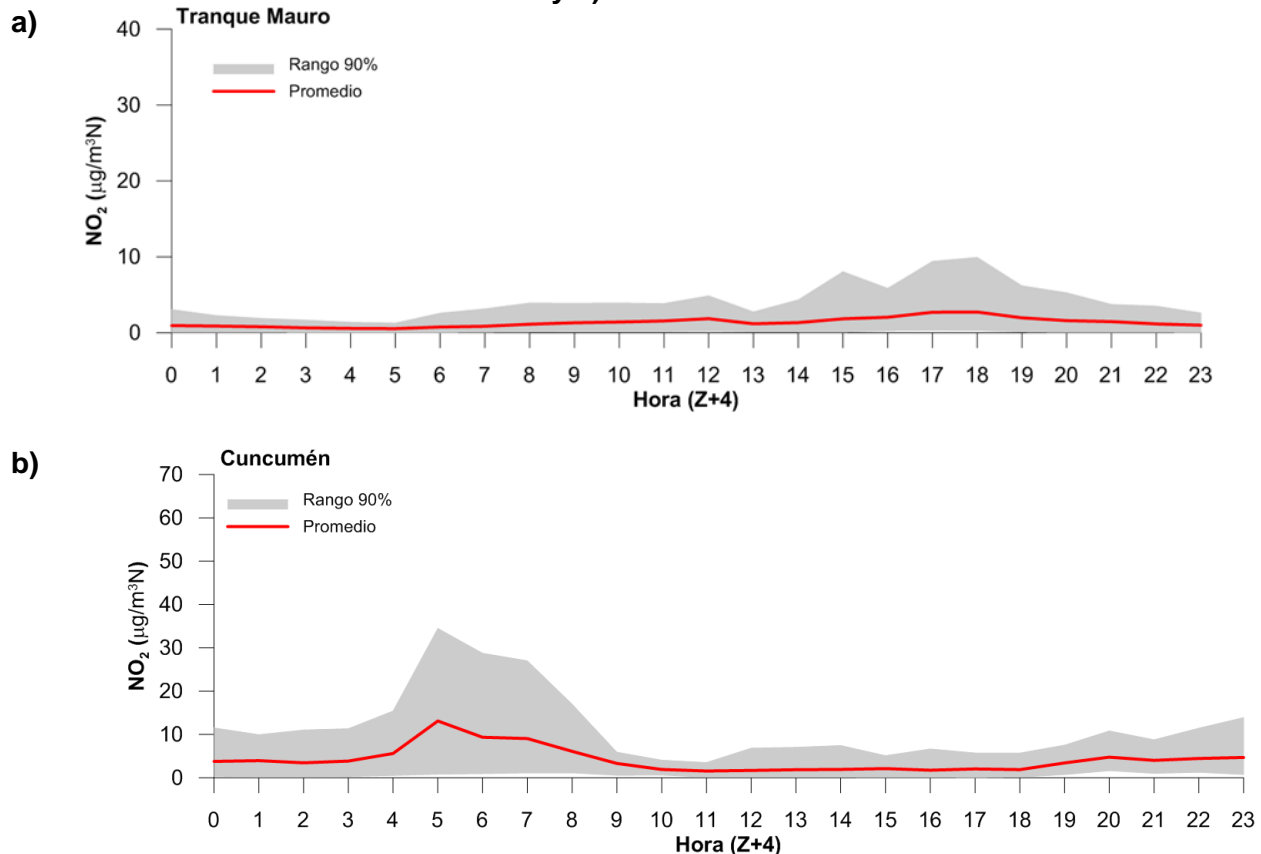
Tabla CA-20: Cumplimiento Norma secundaria de referencia, promedio anual NO₂

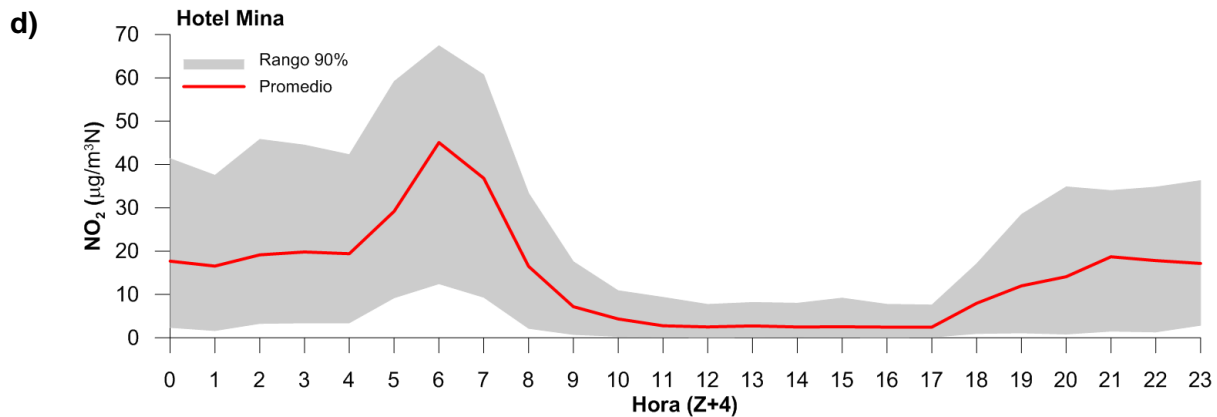
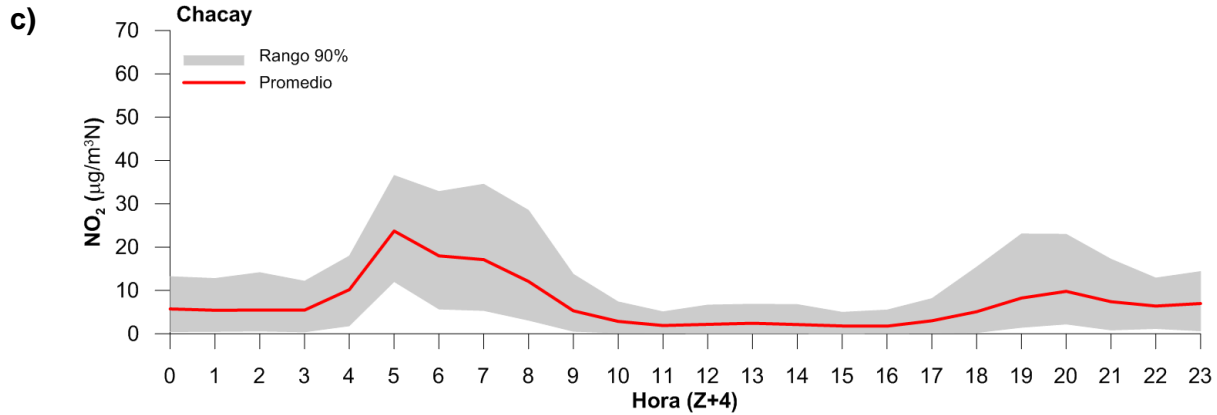
Estación	Periodo	Promedio del Período [µg/m ³]	Norma Anual [µg/m ³]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	1	100	1%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	4	100	4%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	7	100	7%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	14	100	14%

– Ciclo diario NO₂

A continuación se presenta la Figura CA-14, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de NO₂ para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-14: Ciclo Diario NO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y c) Hotel Mina



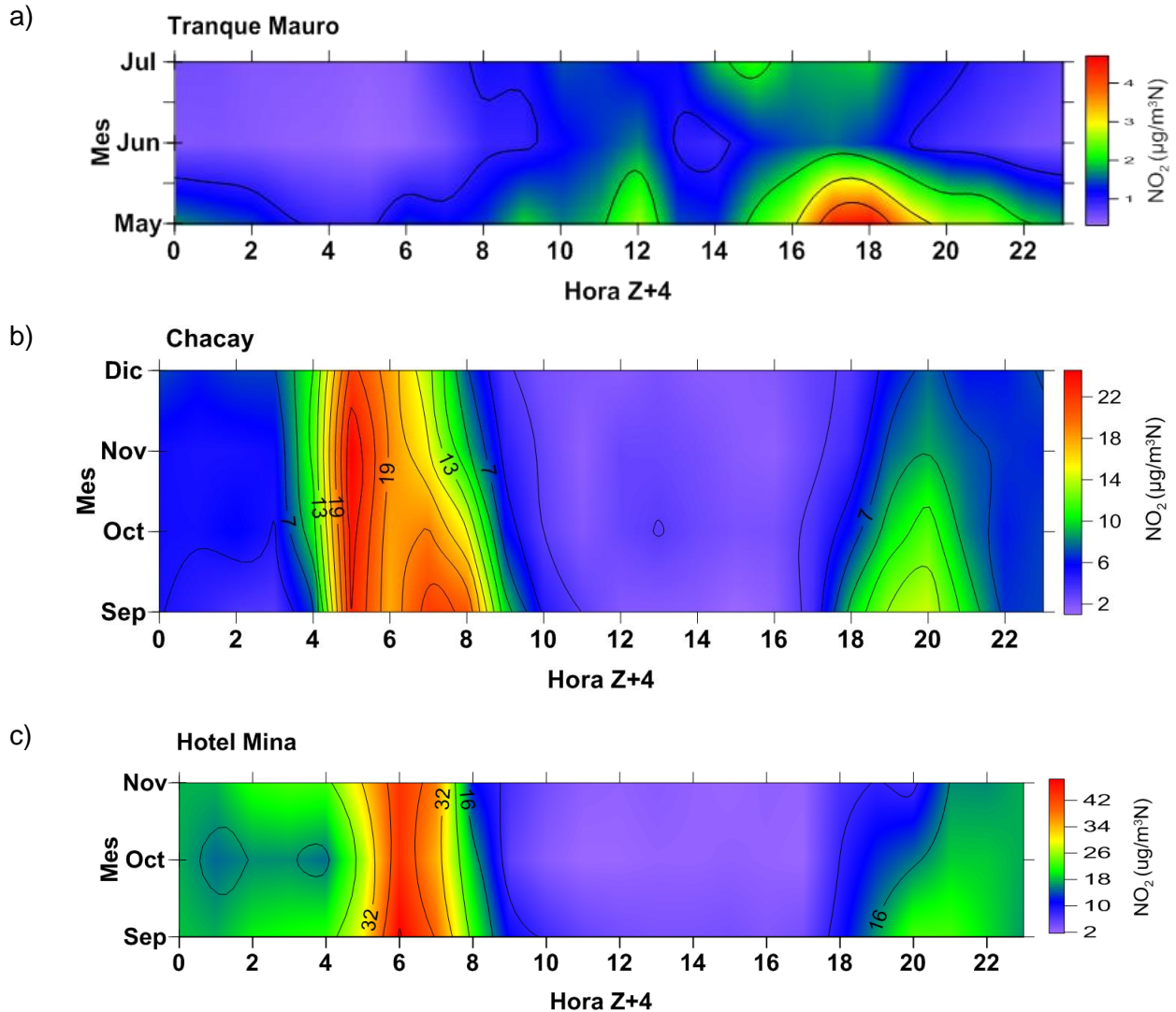


Según lo exhibido en la Figura CA-14, se establece para las estaciones Cuncumén, Chacay y Hotel Mina, la existencia de un promedio diario marcado con un incremento de la variabilidad durante las horas de la mañana, específicamente entre las 05:00 y 07:00 horas, que alcanza valores máximos promedios cercanos a los 40 ug/m³N. En la estación Tranque Mauro, el ciclo diario es débil, con un promedio estable en torno a 1 ug/m³N.

– Ciclos estacionales NO₂

A continuación se presenta la Figura CA-15, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de NO₂ para las estaciones Tranque Mauro, Chacay y Hotel Mina. Cabe señalar que la disponibilidad de datos de NO₂ para la estación Cuncumén no permite la realización de un ciclo estacional como los presentados en la Figura CA-15.

Figura CA-15: Ciclo Estacional NO_2 , Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina



Según los gráficos mostrados en la Figura CA-15, se establece que las mayores concentraciones se presentaron entre las 05:00 y 07:00 horas durante los meses de primavera, que corresponden al periodo evaluado en las estaciones Chacay y Hotel Mina con concentraciones máximas alrededor de los 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ respectivamente, a diferencia de lo presentado en la estación Tranque Mauro donde sus mayores concentraciones se producen durante el mes de mayo alrededor de las 18:00 horas con valores que alcanzan los 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. ¿Qué sucede en las otras estaciones del año?

- *Dióxido de Azufre (SO_2)*

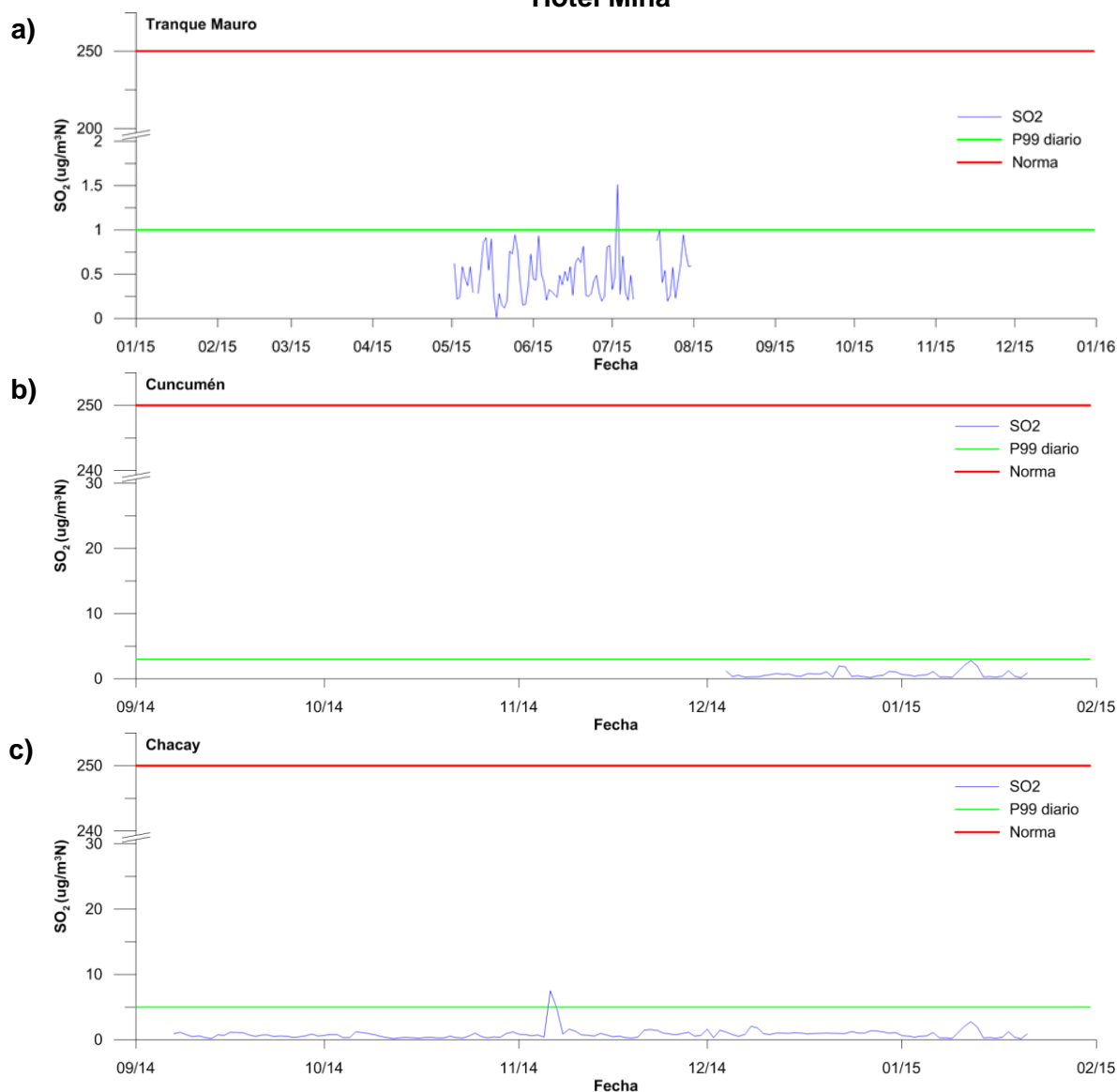
En este caso se aplican todas las observaciones de página 3-38 y son válidos todos los comentarios incluidos en la presentación de datos para NO_2 . Los que omito para no ser repetitivo.

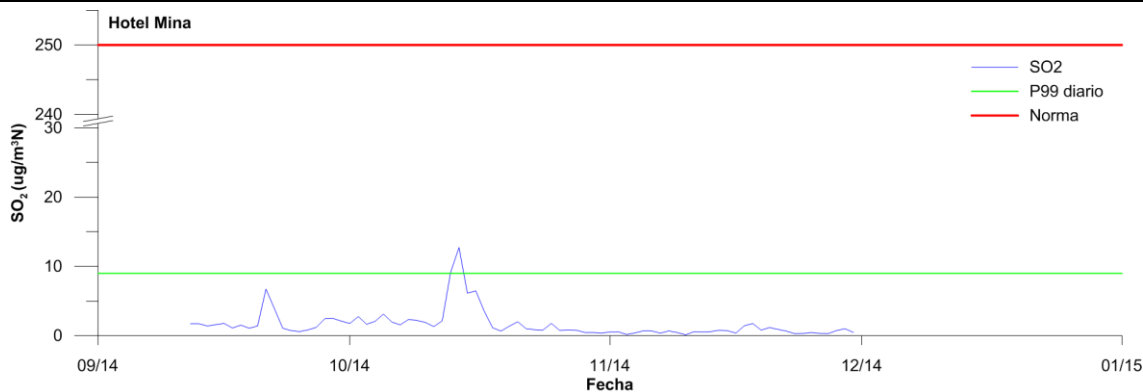
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de dióxido de azufre SO₂, para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

- Norma Primaria para SO₂

A continuación, en la Figura CA-16 se muestran los gráficos correspondientes al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO₂ registrados en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina durante el periodo evaluado.

Figura CA-16: Percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO₂, con respecto a Norma Primaria para SO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina





En la Figura CA-16 se puede observar que las concentraciones de 24 horas se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo (menores a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

En la Tabla CA-21 que se presenta a continuación, se muestran los valores del percentil 99 de SO_2 , obtenido para el periodo analizado.

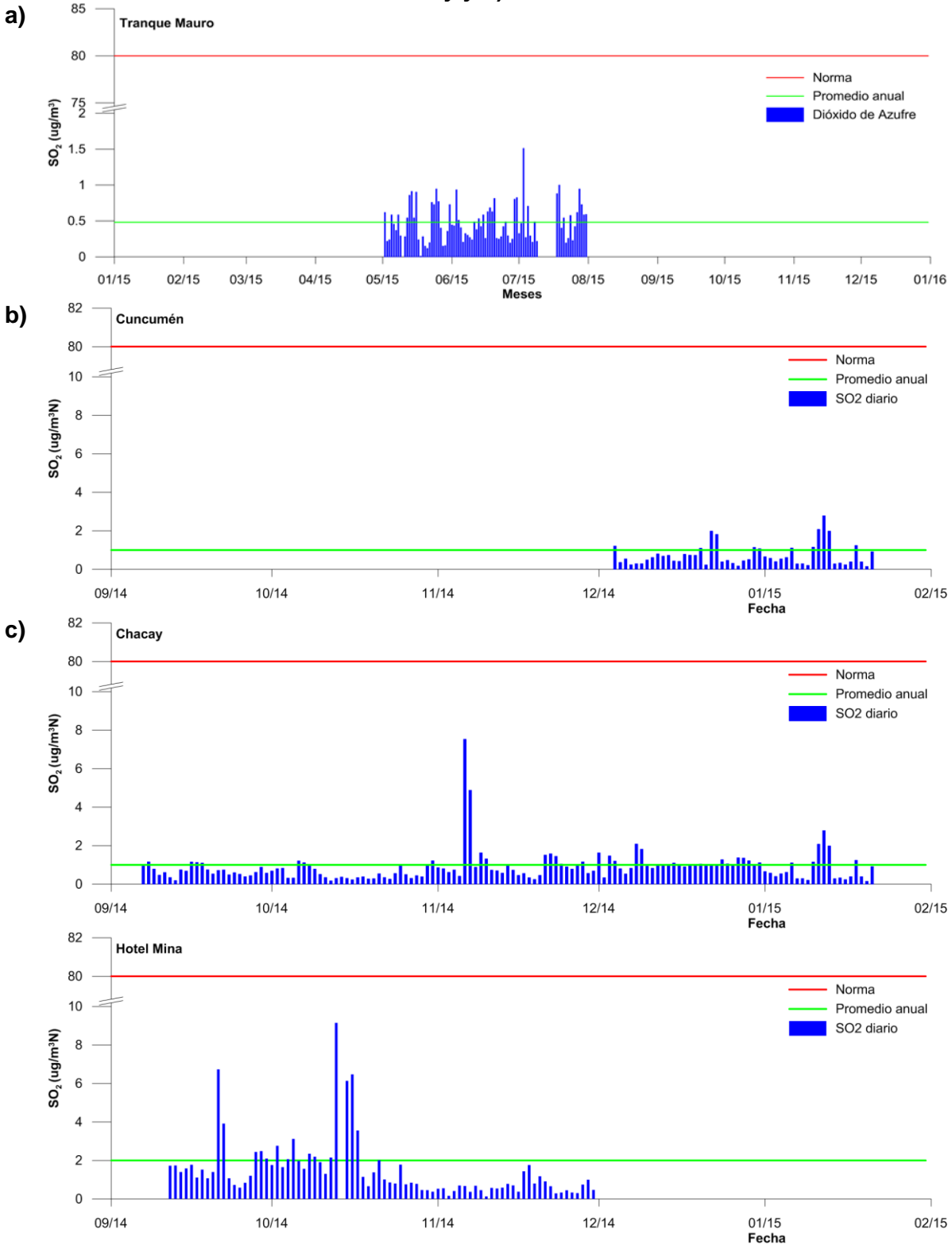
Tabla CA-21: Cumplimiento Norma SO_2 , Percentil 99 diario

Estación	Periodo	Percentil 99 diario [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma diaria [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	1	250	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	3	250	1%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	5	250	2%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	9	250	4%

Según lo indicado en la Figura CA-16 y la Tabla CA-21, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, con concentraciones máximas de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ equivalente a un 4% del valor normado ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

En la Figura CA-17 a continuación, se muestran las concentraciones anuales de SO_2 obtenidas en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-17: Concentración de SO₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto a la Norma Primaria de SO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina



En la Figura CA-17 se puede observar que las concentraciones de 24 horas se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo (menores a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

A continuación, en la Tabla CA-22, se entrega el promedio de las concentraciones de SO_2 para el periodo analizado.

Tabla CA-22: Cumplimiento Norma Promedio Anual de SO_2

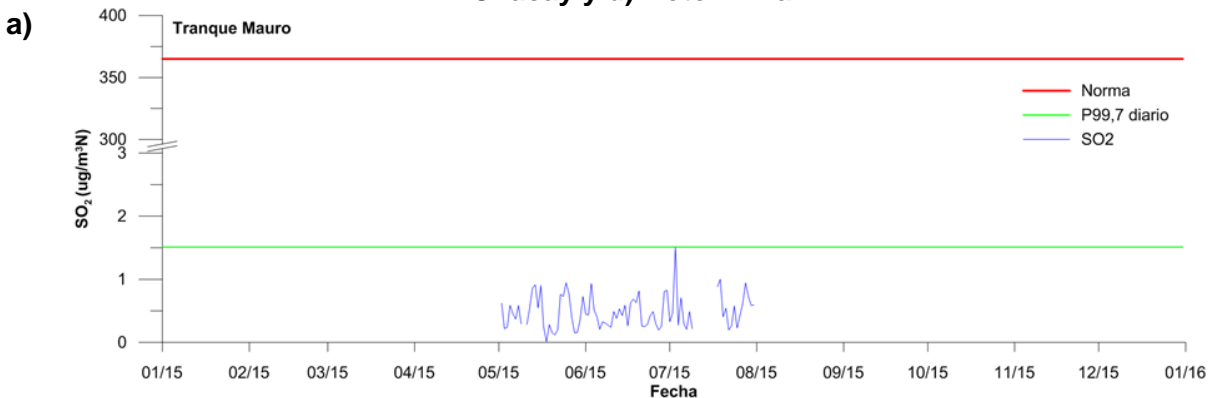
Estación	Periodo	Promedio del Periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma anual [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	0	80	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	1	80	1%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	1	80	1%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	2	80	3%

A partir de lo indicado en la Figura CA-17 y Tabla CA-22, los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo el máximo promedio de las concentraciones de SO_2 a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente a un 3% del valor normado ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

- Normativa Secundaria para SO_2

El estándar anual de la norma secundaria coincide con el de la norma primaria anteriormente analizada ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), razón por la cual no se reitera la información ya analizada. Respecto del estándar horario y diario, a continuación se presentan las Figuras CA-18, CA-19 y Tabla CA-23.

Figura CA-18: Concentración de SO_2 (P99,7 diario) del periodo registrado con respecto a la Norma Secundaria para SO_2 . Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina



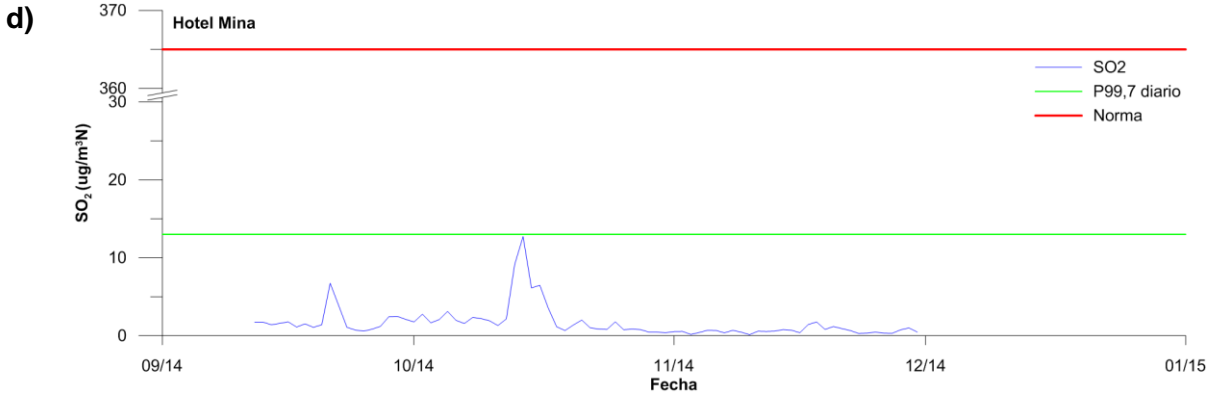
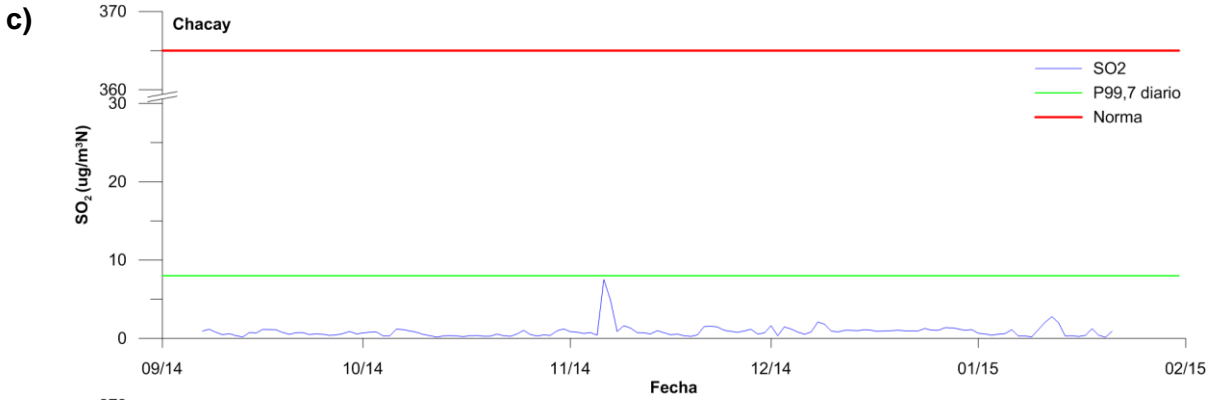
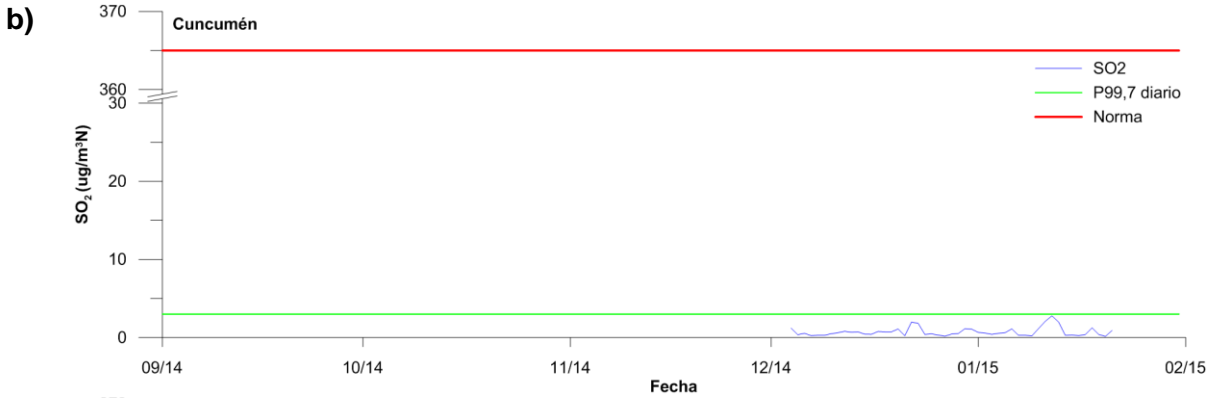
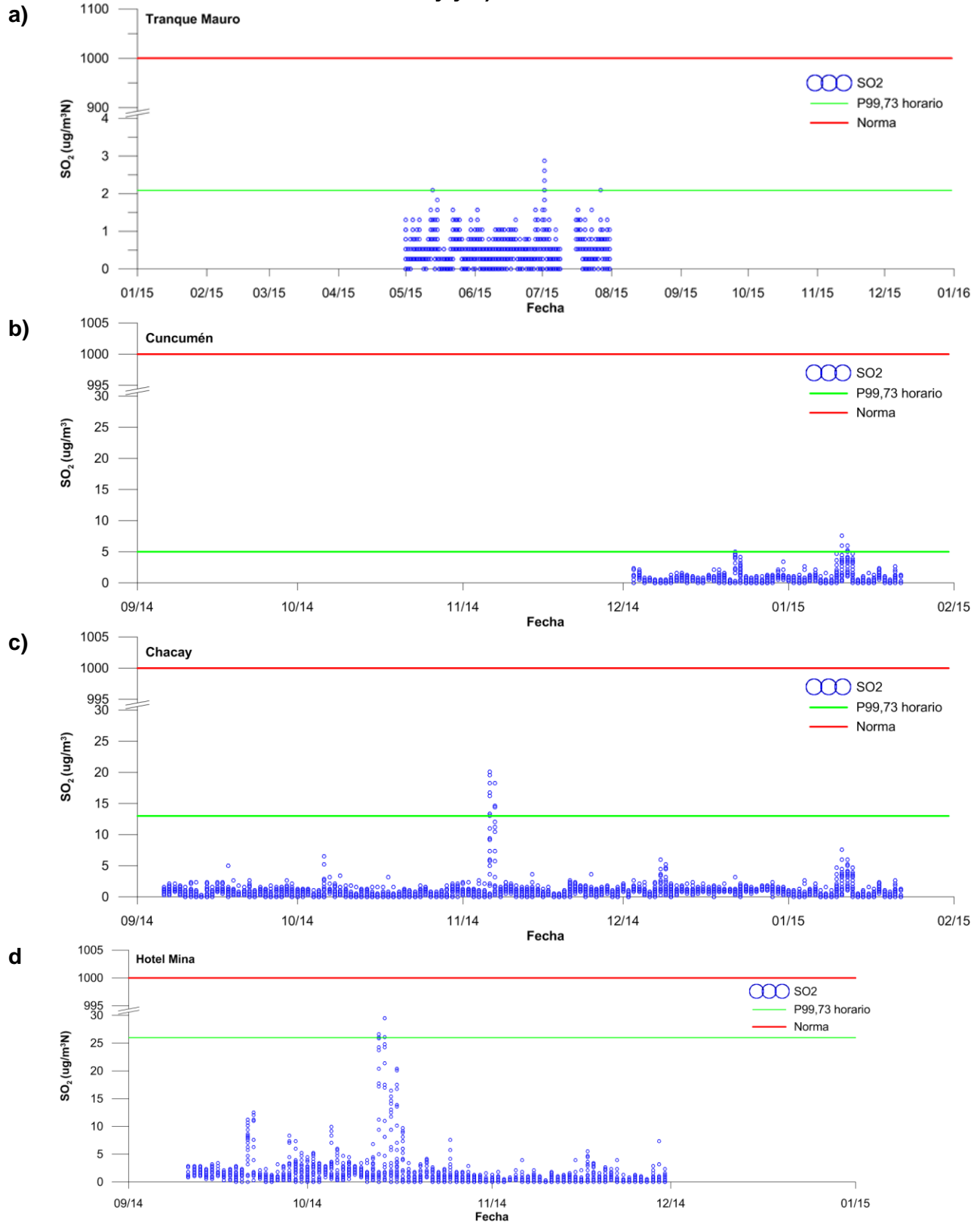


Figura CA-19: Concentración de SO₂ (P99,73 horario) del periodo registrado, con respecto a la Norma Secundaria para SO₂. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, Chacay y d) Hotel Mina



En la Figura CA-18 y Figura CA-19, se puede observar que las concentraciones tanto de 24 horas como horarias, se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo, por lo que se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

A continuación en la Tabla CA-23 se presentan los resultados de los estadísticos evaluados.

Tabla CA-23: Cumplimiento Norma Secundaria de SO₂

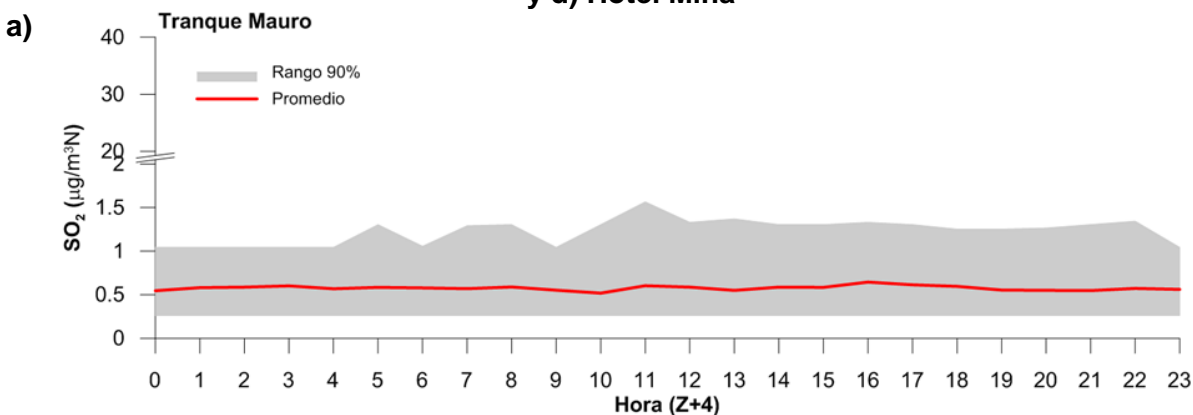
Estación	Periodo	Estadístico	SO ₂ medido [µg/m ³ N]	Norma [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	P99,7 diario	2	365 (diaria)	1%
		P99,73 horario	2	1000 (Horaria)	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	P99,7 diario	3	365	1%
		P99,73 horario	5	1000	1%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	P99,7 diario	8	365	2%
		P99,73 horario	13	1000	1%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	P99,7 diario	13	365	4%
		P99,73 horario	26	1000	3%

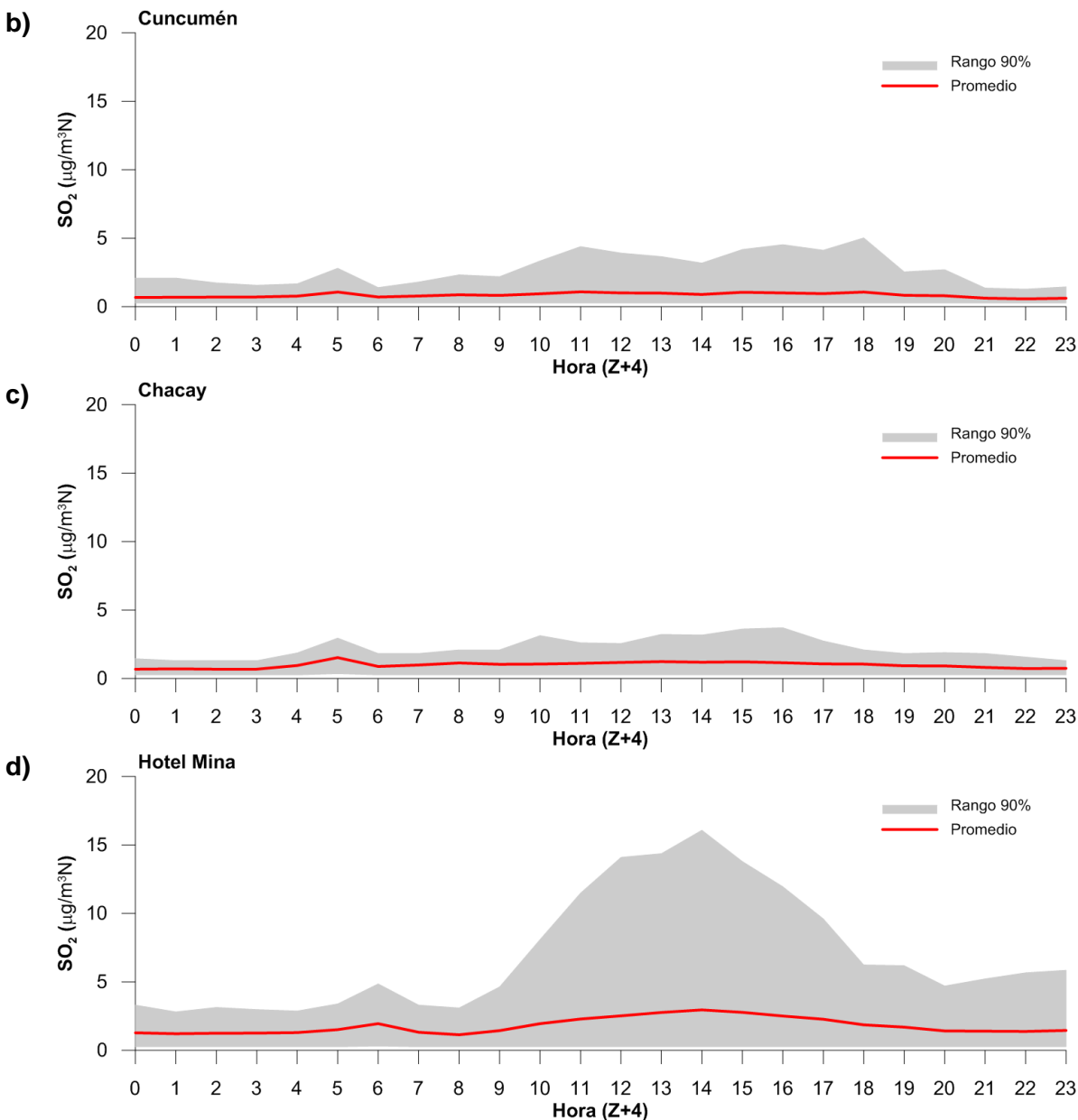
A partir de lo indicado en la Figura CA-18, Figura CA-19 y Tabla CA-23, los valores medidos durante el periodo analizado, se encuentran bajo la norma establecida, visualizando que tanto los percentiles diarios como horarios, se encuentran bajo los valores normados 365 y 1000 µg/m³N, respectivamente, con valores máximos equivalentes a un 4% del estadístico diario y un 3% del estadístico horario.

- Ciclos diarios SO₂

A continuación se presenta la Figura CA-20, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de SO₂ para la estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-20: Ciclo Diario SO₂ Estaciones; a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina





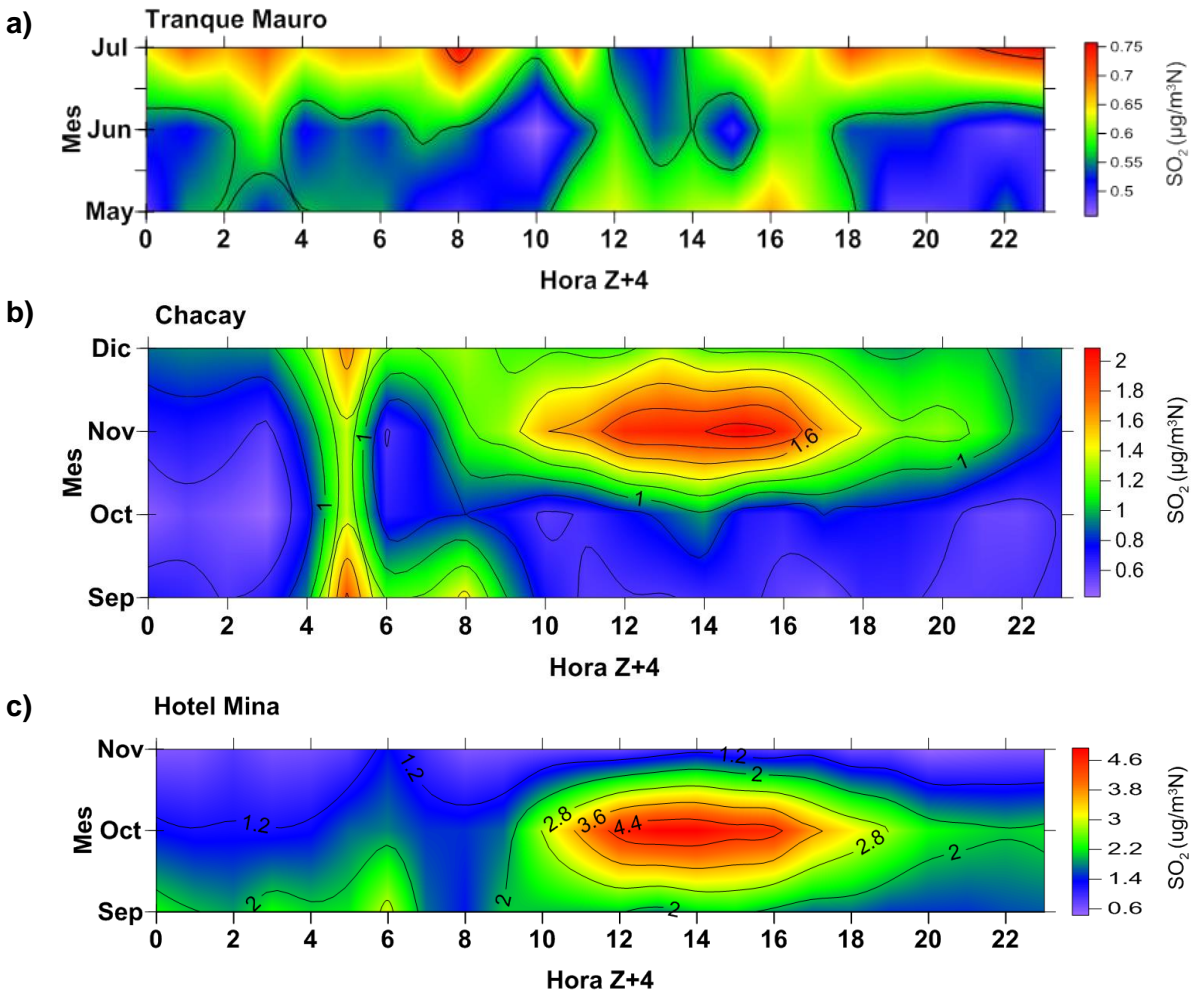
Según el gráfico exhibido en la Figura CA-20, se establece la existencia de un promedio diario marcado uniforme durante las 24 horas en torno a los 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, para la estación Hotel Mina, con un incremento en las concentraciones promedio entre las 13:00 y 15:00 horas 10:00 y 18:00 horas. Por otro lado se observa una leve variabilidad de datos, con mayores concentraciones promedio a las 05:00 horas para las estaciones Cuncumén y Chacay, con valores entre 1,1 y 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, a diferencia de lo registrado en la estación Tranque Mauro con un promedio en torno a los 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

– Ciclos estacionales SO_2

A continuación se presenta la Figura CA-21, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de SO_2 para la estaciones Tranque Mauro, Chacay y Hotel Mina. Cabe

señalar que la disponibilidad de datos de SO₂ para la estación Cuncumén no permite la realización de un ciclo estacional como los presentados en la Figura CA-21.

Figura CA-21: Ciclo Estacional SO₂ Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-21, las mayores concentraciones se presentaron durante el mes de octubre para la estación Hotel Mina y noviembre para la estación Chacay con valores en torno a los 4,4 ug/m³N y 1,6 ug/m³N respectivamente, mientras que en el mes de septiembre se presentaron las menores concentraciones en Chacay y en noviembre en la estación Hotel Mina con valores alrededor de 1 ug/m³N. A diferencia de las estaciones anteriormente mencionadas, el periodo de monitoreo de la estación Tranque Mauro es de mayo a julio indica que las máximas concentraciones se registraron durante fines del mes de julio con valores menores a 1 ug/m³N.

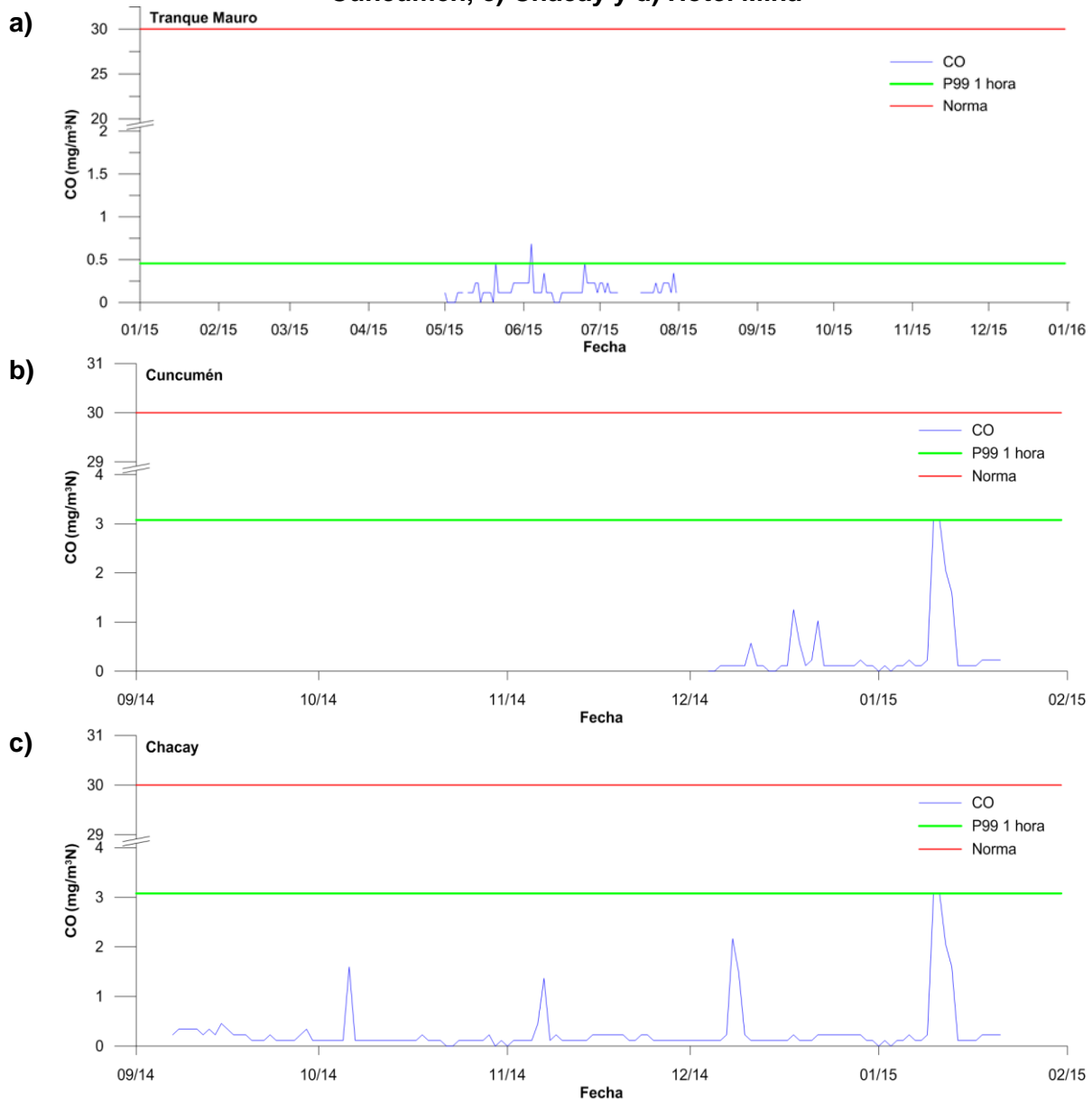
- *Monóxido de Carbono (CO)*

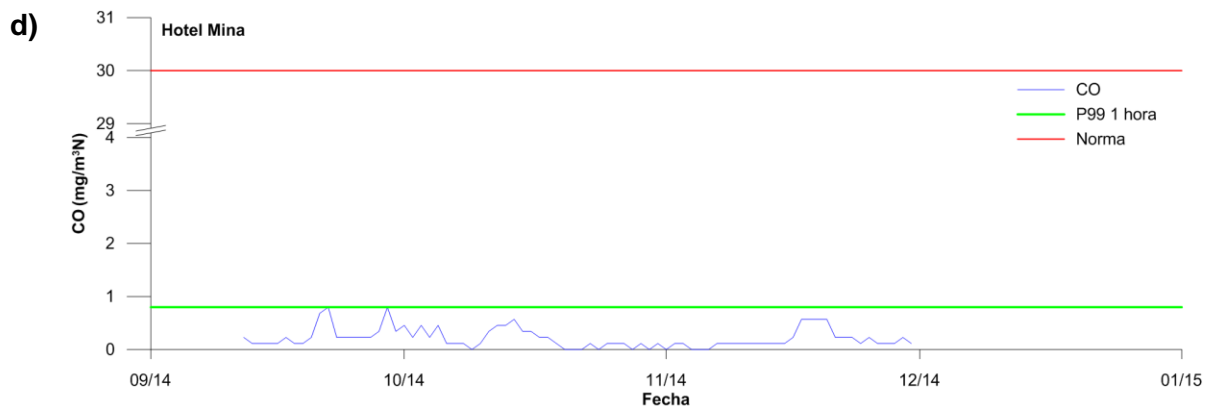
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de monóxido de carbono, CO, para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

– Norma Primaria para CO

A continuación, en la Figura CA-22 se muestran los gráficos correspondientes al percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de CO registrados en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-22: Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 1 hora de CO, respecto a la Norma Primaria para CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina





En la Tabla CA-24 que se presenta a continuación, se entregan el valor del percentil 99 horario de CO obtenido para el periodo analizado:

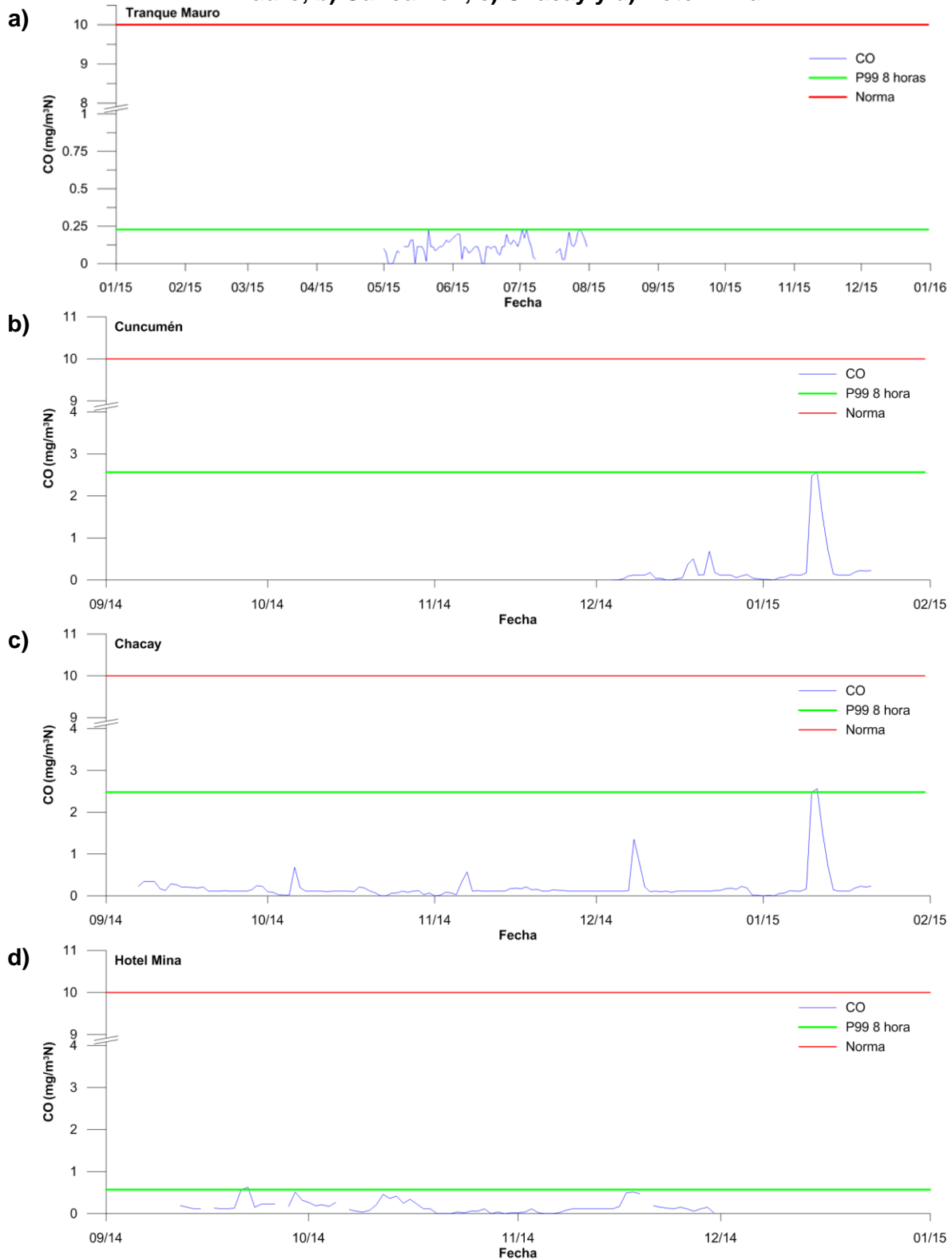
Tabla CA-24: Cumplimiento Norma CO, Percentil 99 horario (30 mg/m³N)

Estación	Periodo	Percentil 99 horario [mg/m ³ N]	Norma horaria [mg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	0	30	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	3	30	10%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	3	30	10%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	1	30	3%

Según lo indicado en la Figura CA-22 y la Tabla CA-24, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, correspondiendo a un valor máximo de 3 mg/m³N equivalente a un 10% del valor normado (30 mg/m³N).

En la Figura CA-23 a continuación, se muestran las concentraciones máximas diarias de los promedios móviles de 8 horas de CO, obtenidas en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-23: Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 8 horas de CO (promedio móvil), respecto a Norma Primaria para CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina



A continuación, en la Tabla CA-25, se entrega el valor del percentil 99 de 8 horas de CO obtenido para el periodo analizado:

Tabla CA-25: Cumplimiento Norma CO Percentil 99 8 horas (10 mg/m³N)

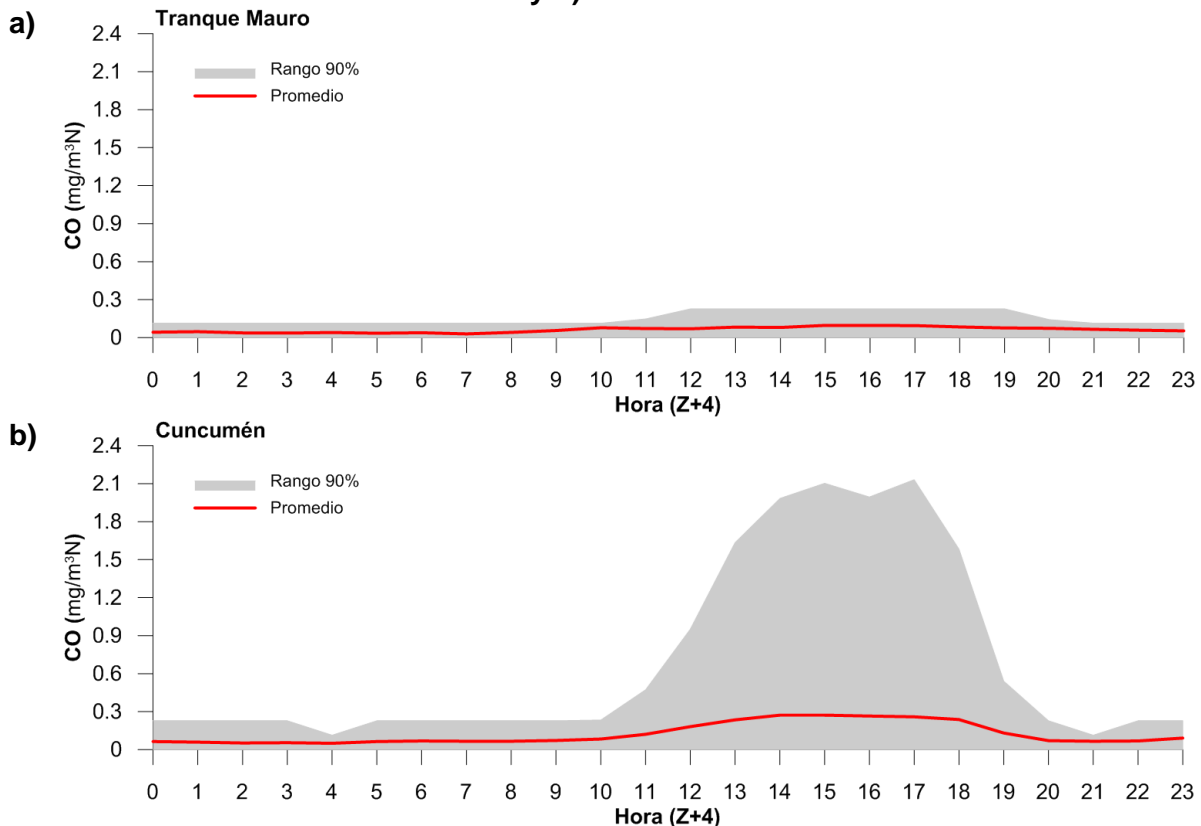
Estación	Periodo	Percentil 99 8 horas [mg/m ³ N]	Norma de 8 horas [mg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	0	10	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	3	10	30%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	2	10	20%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	1	10	10%

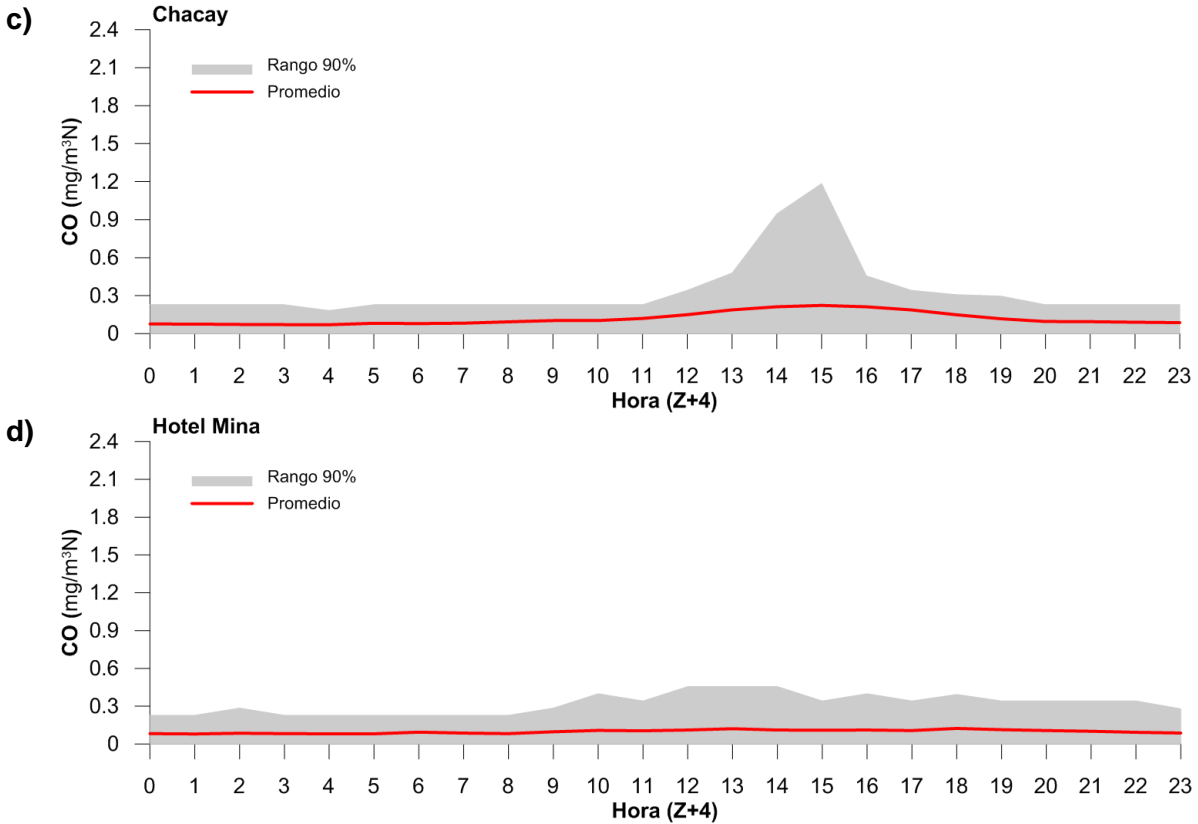
A partir de lo indicado en la Figura CA-23 y Tabla CA-25, los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo a un máximo de 3 mg/m³N, equivalente a un 30% del valor normado (10 mg/m³N).

- Ciclo diario CO

A continuación se presenta la Figura CA-24, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de CO para la estación Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-24: Ciclo Diario CO. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina



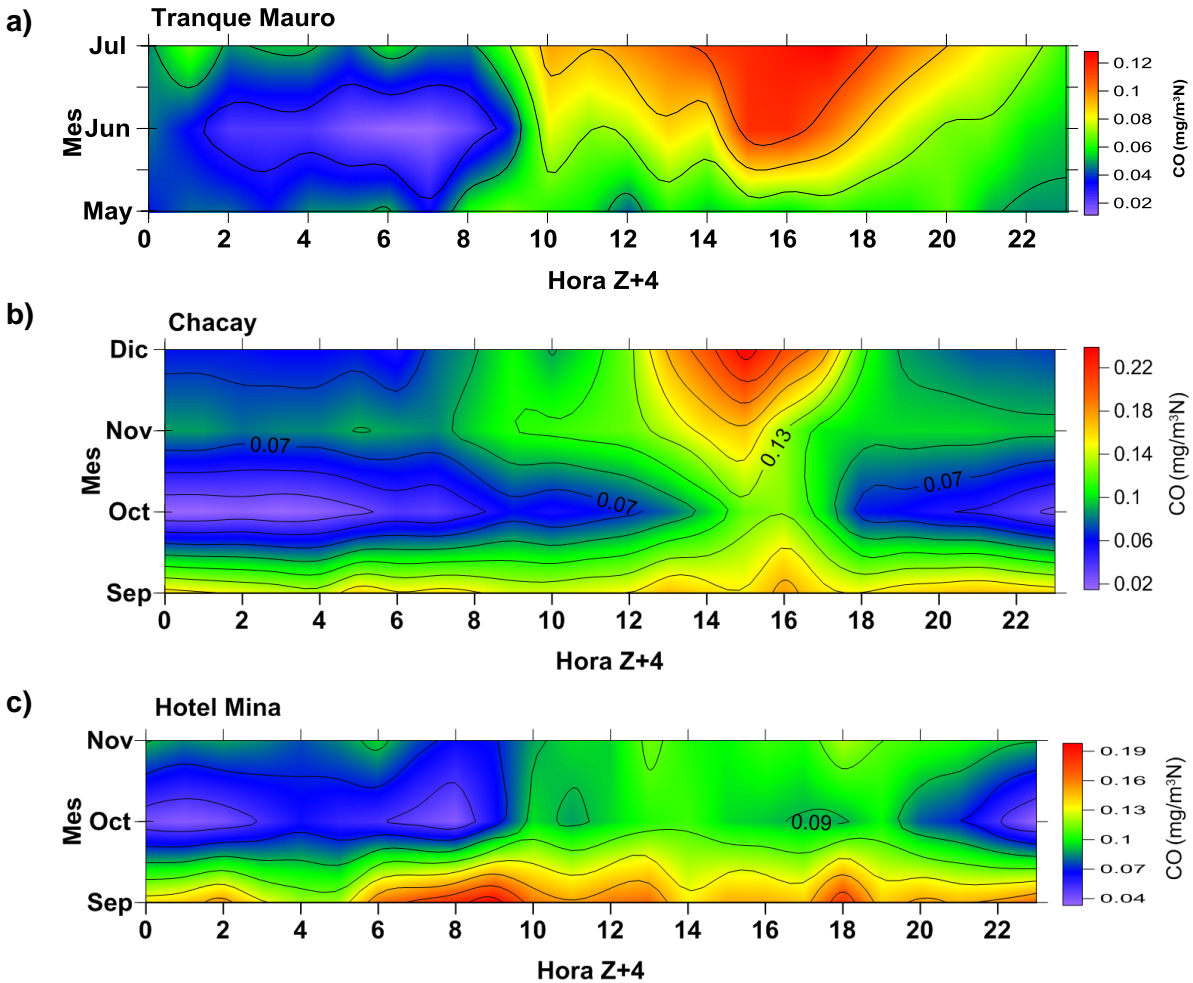


Según el gráfico exhibido en la Figura CA-24, se establece en general, la existencia de un promedio diario marcado, con disminución de concentraciones durante la madrugada entre las 00:00 y 07:00 horas y un incremento de concentraciones durante la tarde. Cabe señalar que los mayores valores promedio no sobrepasan los 0,3 mg/m³N.

– Ciclo estacional CO

A continuación se presenta la Figura CA-25, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de SO₂ para la estaciones Tranque Mauro, Chacay y Hotel Mina. Cabe señalar que la disponibilidad de datos de CO para la estación Cuncumén no permite la realización de un ciclo estacional como los presentados en la Figura CA-25.

Figura CA-25: Ciclo Estacional CO – Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay, y c) Hotel Mina



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-25, se establece que las mayores concentraciones se presentaron, alrededor de las 15:00 horas para la estación Chacay durante el mes de diciembre, reflejándose el comportamiento del ciclo diario de menores concentraciones durante la noche entre las 20:00 y 8:00 horas. Por otro lado en la estación Hotel Mina, se observan las mayores concentraciones durante el mes de septiembre alrededor de las 09:00 horas, con un peak a las 18:00 horas, teniendo las menores concentraciones en el periodo nocturno entre las 22:00 y 08:00 horas. Finalmente en la estación Tranque Mauro se observan las mayores concentraciones durante los meses de junio y julio alrededor de las 16:00 horas, teniendo las menores concentraciones en el periodo nocturno entre las 23:00 y 08:00 horas

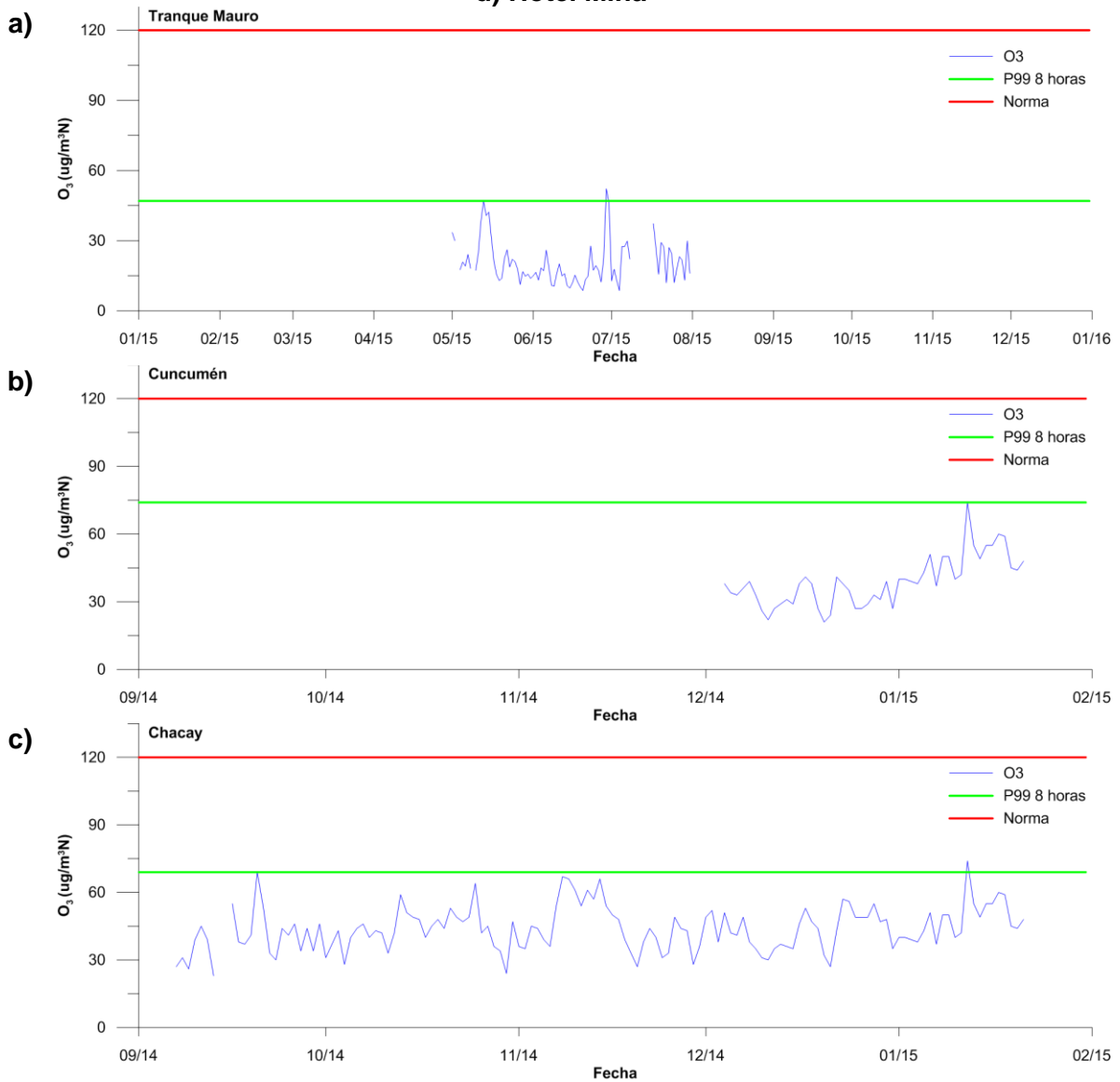
- Ozono (O_3)

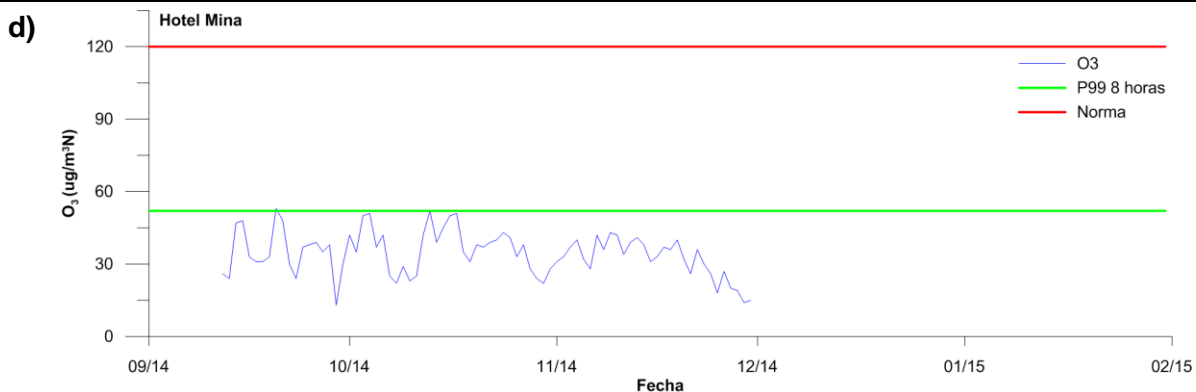
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de ozono O_3 , para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

– Norma Primaria para Ozono

A continuación, en la Figura CA-26 se muestran los gráficos correspondientes a los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas respecto a norma registrados en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina

Figura CA-26: Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Máximos diarios de concentraciones de 8 horas, estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina





En la Tabla CA-26 que se presenta a continuación, se entrega la comparación normativa para el percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas de Ozono obtenido para el periodo analizado:

Tabla CA-26: Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Percentil 99 de 8 horas (promedio móvil)

Estación	Periodo	Percentil 99 8 horas [µg/m ³ N]	Norma [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	47	120	39%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	74	120	62%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	69	120	58%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	52	120	43%

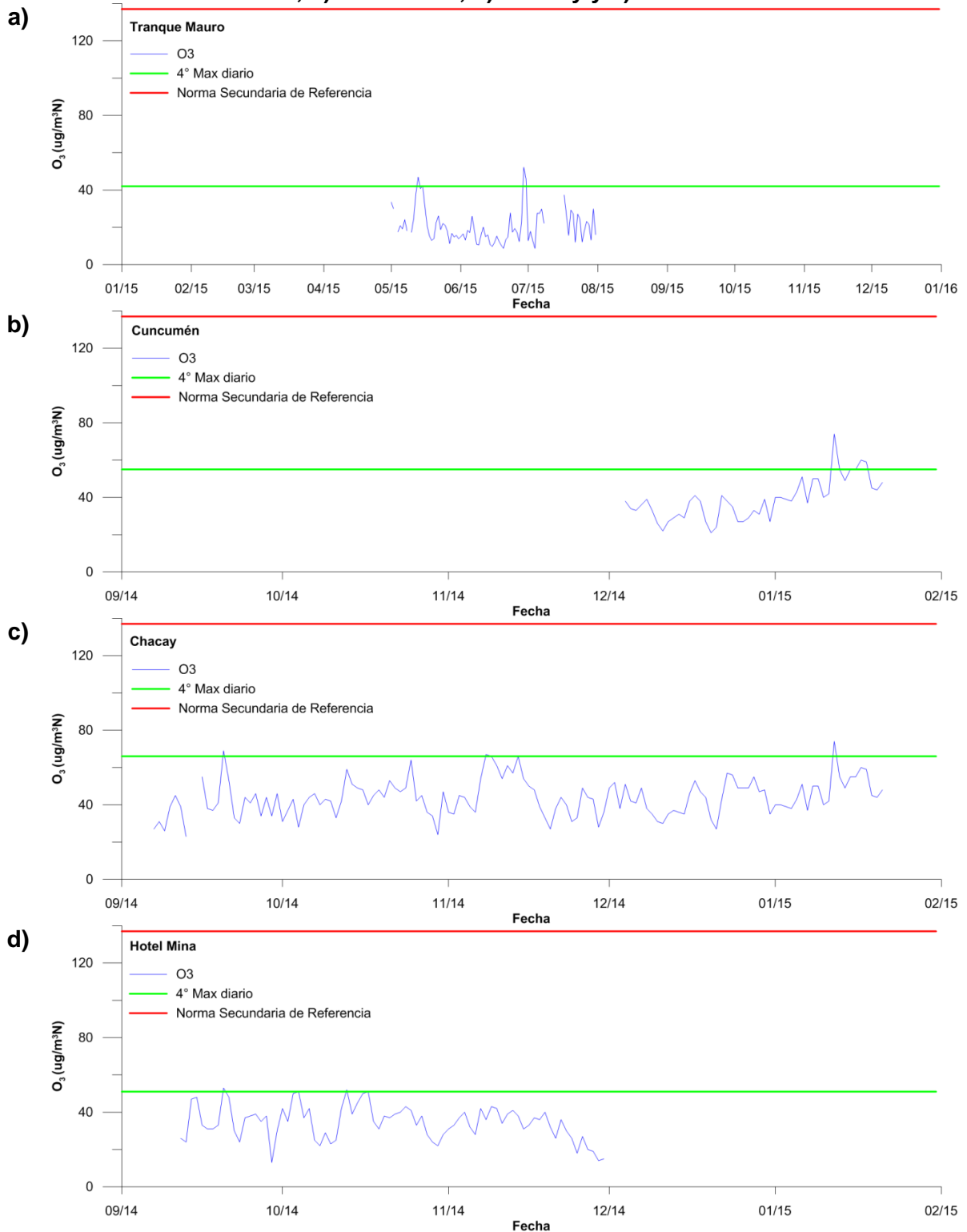
Según lo indicado en la Figura CA-26 y la Tabla CA-26, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, correspondiendo a un máximo de 74 µg/m³N equivalente a un 62% del valor normado (120 ug/m³N) en estación Cuncumén.

- Normativa secundaria de referencia para ozono

Tal como se mencionó en el punto 1.1.1.4. Normativa aplicable, para O₃ no se cuenta con norma secundaria en Chile y se utiliza la normativa secundaria de calidad ambiental de la US EPA (Tabla CA-9), que establece un límite para el cuarto máximo diario de las concentraciones de 8 horas (promedio móvil) de 137 ug/m³N.

En la Figura CA-27 a continuación, se muestran las máximas concentraciones diarios de los promedios de 8 horas O₃, obtenidas en las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-27: 4° Máximo diario de concentraciones de 8 horas de O₃ (promedio móvil), con respecto a la Norma Secundaria de referencia para Ozono. Estaciones a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, b) Chacay y c) Hotel Mina



A continuación, en la Tabla CA-27, se entrega el 4° valor máximo diario de las concentraciones promedio de 8 horas de Ozono obtenido para el periodo analizado:

Tabla CA-27: Cumplimiento Norma Secundaria de referencia para Ozono (4° Máximo diario)

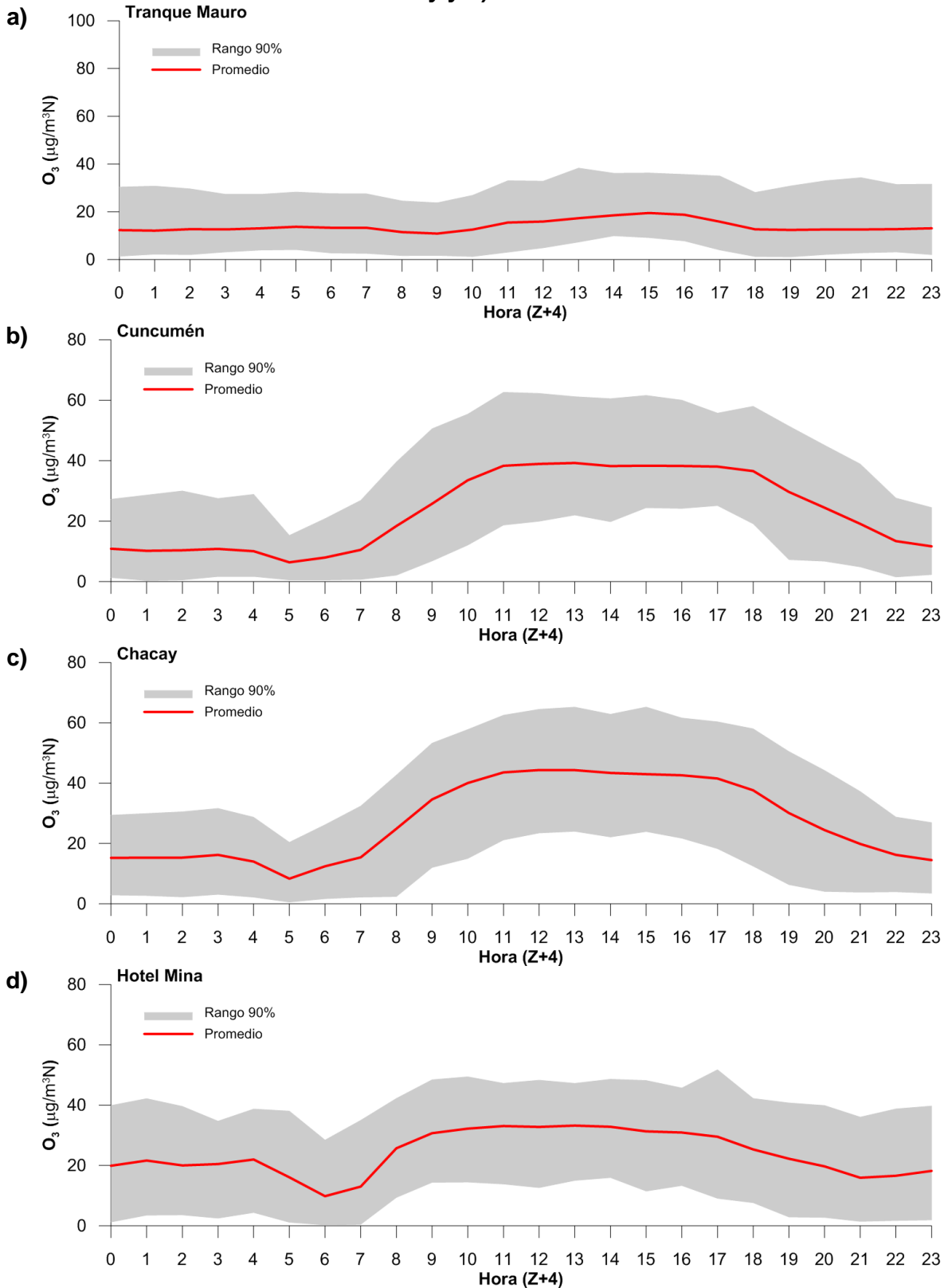
Estación	Periodo	4° Máximo diario [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	% respecto Norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	42	137	31%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	55	137	40%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	66	137	48%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	51	137	37%

A partir de lo indicado en la Figura CA-27 y Tabla CA-27, se concluye que los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo el límite de la norma establecida, con un valor máximo de $66 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, registrado en la estación Chacay, equivalente a un 48% del valor normado ($137 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

- Ciclo diario Ozono

A continuación se presenta la Figura CA-28, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de ozono para las estaciones Tranque Mauro, Cuncumén, Chacay y Hotel Mina.

Figura CA-28: Ciclo Diario Ozono. Estaciones; a) Tranque Mauro, b) Cuncumén, c) Chacay y d) Hotel Mina

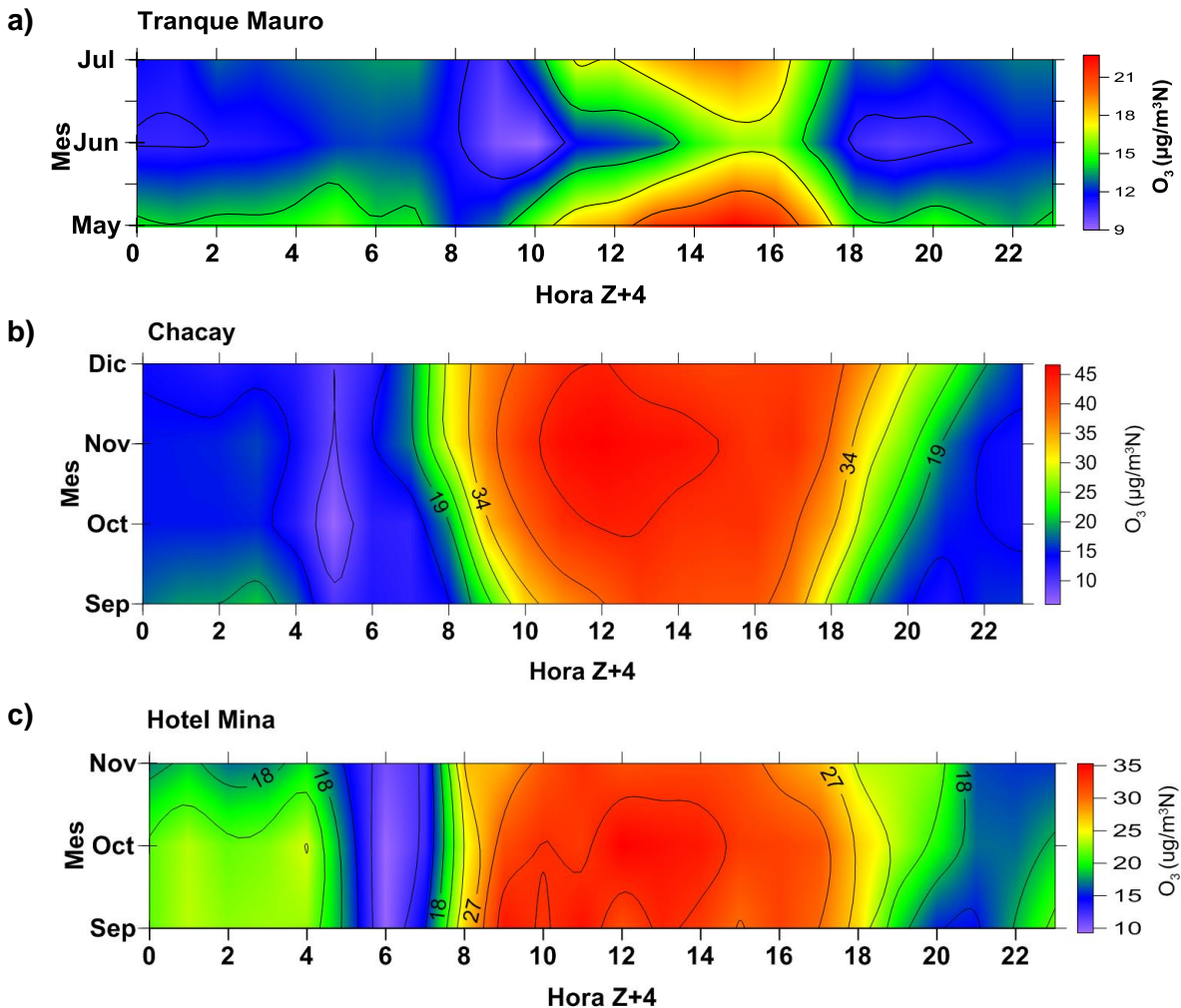


Según los gráficos exhibidos en la Figura CA-28, se establece en general, la existencia de un promedio diario, con valores máximos durante la tarde que no alcanzan los $45 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, observándose una caída durante la noche, lo que es concordante con la generación de Ozono, la cual corresponde a reacciones fotoquímicas con la ayuda de la radiación solar. Cabe señalar, que el ciclo diario en la estación Tranque Mauro presenta un comportamiento estable durante el día, con un promedio en torno a los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

- Ciclo estacional Ozono

A continuación se presenta la Figura CA-29, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de ozono para las estaciones Tranque Mauro, Chacay y Hotel Mina. Cabe señalar que la disponibilidad de datos de O_3 para la estación Cuncumén no permite la realización de un ciclo estacional como los presentados en la Figura CA-29.

Figura CA-29: Ciclo Estacional Ozono Estaciones a) Tranque Mauro, b) Chacay y c) Hotel Mina



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-29, se establece que las mayores concentraciones se presentaron entre las 10:00 y las 16:00 horas durante todo el periodo evaluado, con concentraciones máximas que no superan los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

- *Material Particulado Sedimentable (MPS)*

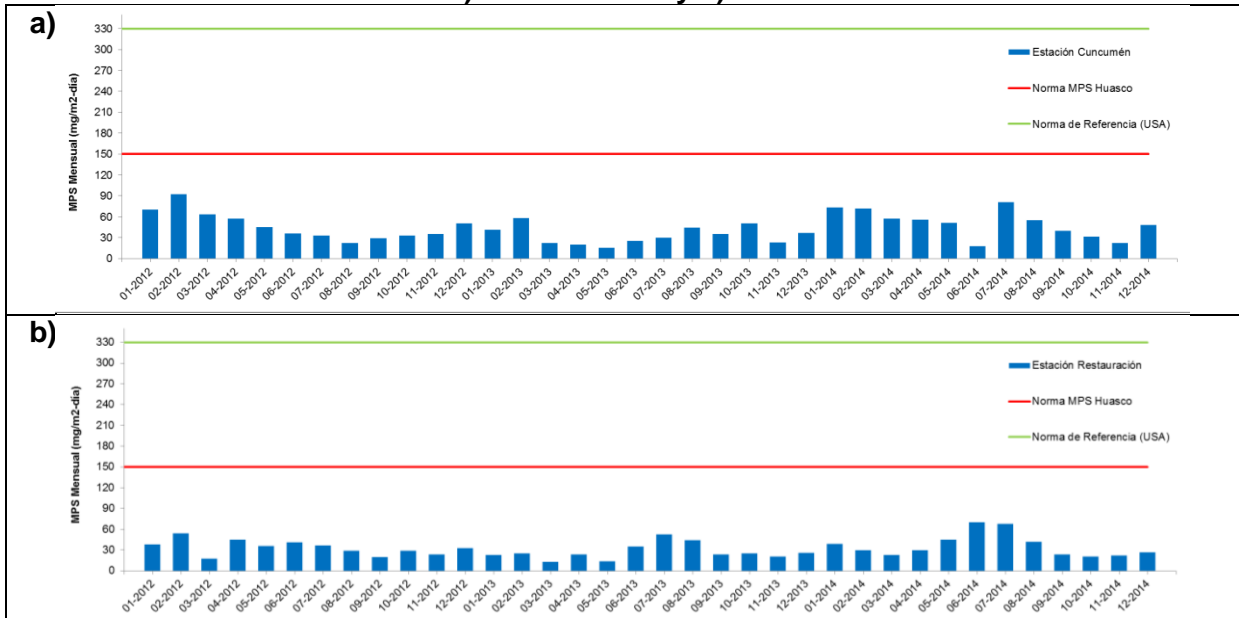
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de material particulado sedimentable (MPS), para las estaciones Cuncumén, Restauración y DGA.

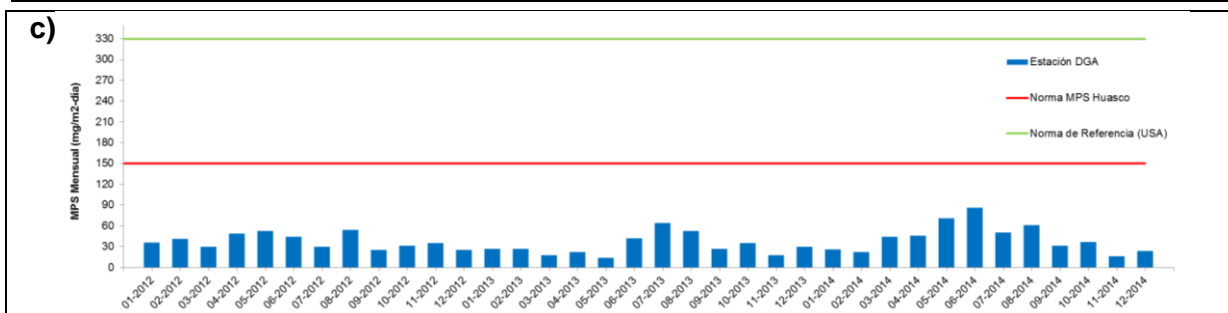
Cabe señalar que la norma con la cual se compararon los valores monitoreados, corresponde a la normativa secundaria de MPS para la Cuenca del río Huasco y la normativa de referencia del estado de Montana (USA), por lo que sólo se realiza un análisis referencial de dicho parámetro.

A continuación, en la Figura CA-30 se presentan las concentraciones discretas de MPS medidas en forma mensual durante el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014, en las estaciones mencionadas anteriormente, en relación a la normativa de referencia de Huasco (línea roja), y la normativa de referencia de USA (línea verde).

Se observa que durante todo el periodo analizado no existen valores medidos que se encuentran por sobre la norma de referencia de la Cuenca del río Huasco. En el caso de la norma de referencia de USA durante todo el periodo analizado, no se observa superación de dicha norma.

Figura CA-30: Concentraciones mensuales de MPS – Estaciones a) Cuncumén, b) Restauración y c) DGA





En la Tabla CA-28 a continuación, se entrega la comparación normativa para el promedio mensual de MPS obtenido para el periodo analizado, con ambas normas de referencia evaluadas:

**Tabla CA-28: Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Mensual)
Periodo 2012 – 2014**

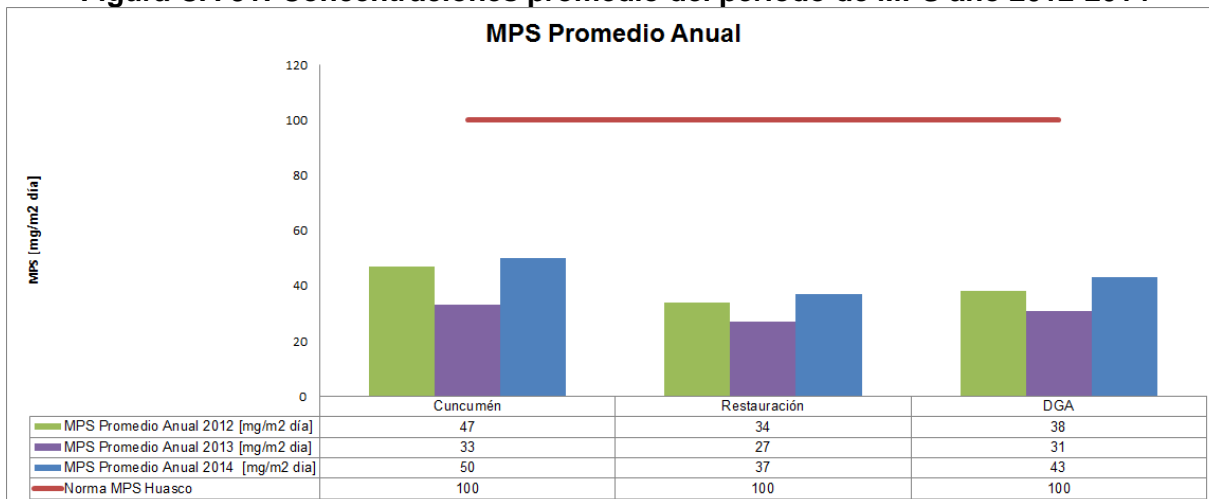
Estación	Máximo mensual [mg/m ² -día]	Norma Secundaria de referencia Cuenca de río Huasco [mg/m ² -día]	% respecto Norma Huasco	Norma USA de referencia [mg/m ² -día]	% respecto Norma USA
Cuncumén	92	150	61%	333	28%
Restauración	70	150	47%	333	21%
DGA	86	150	57%	333	26%

Según lo presentado en la Figura CA-30 y Tabla CA-28, todas las estaciones se encuentran por debajo del límite de la norma de referencia de Huasco y del estado de Montana, indicada en la Tabla CA-28, como Norma USA. La condición más desfavorable se registra en la estación Cuncumén con un 61% de la norma de referencia de Huasco y un 28% de la norma de referencia de USA.

- Promedios anuales en las estaciones

A continuación, en las Figuras CA-31 se presentan las concentraciones promedio anual de MPS, para el periodo comprendido durante los años 2012 a 2014, en todas las estaciones presentadas de monitoreo de MPS consideradas en relación a la normativa del Huasco (línea roja).

Figura CA-31: Concentraciones promedio del periodo de MPS año 2012-2014



En la Tabla CA-29 que se presenta a continuación, se entrega la comparación normativa para el promedio anual de MPS obtenido para el periodo analizado:

**Tabla CA-29: Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Anual)
Periodo 2012 – 2014**

Estación	Año	Promedio anual medido [mg/m ² -día]	Norma Secundaria Cuenca río Huasco [mg/m ² -día]	% respecto Norma Huasco
Cuncumén	2012	47	100	47%
	2013	33	100	33%
	2014	50	100	50%
Restauración	2012	34	100	34%
	2013	27	100	27%
	2014	37	100	37%
DGA	2012	38	100	38%
	2013	31	100	31%
	2014	43	100	43%

De acuerdo a las Figuras CA-31 y la Tabla CA-29 presentadas anteriormente, se indica que las máximas concentraciones de MPS para el año 2014 se presenta en la estación Cuncumén, con un 50% con respecto a la norma de Huasco.

3.1.5.3. Área Punta Chungo – Pupío

- *Material particulado respirable (MP₁₀)*

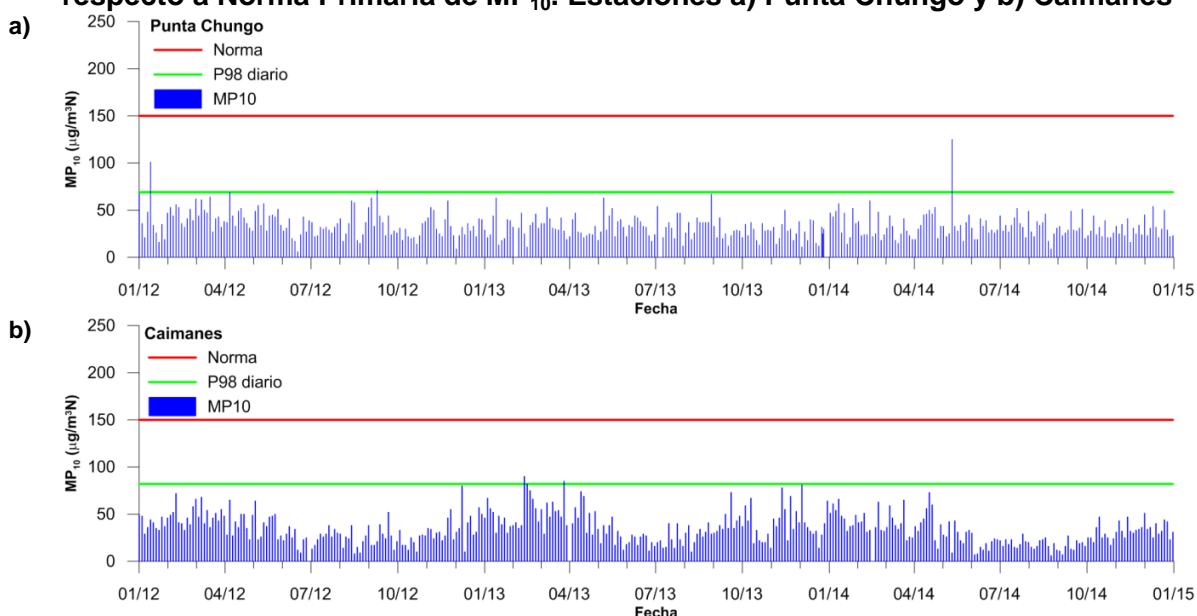
De acuerdo a lo señalado en la sección de metodología 1.1.3.3.1, la estación El Mauro está presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como al asociado al Área Punta Chungo-Pupío, de manera que ya fue analizada su información en la sección 1.1.3.5.2 y no se volverá incluir en el Área Punta Chungo - Pupío.

Por lo tanto, en la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de material particulado respirable MP₁₀, para las estaciones Punta Chungo y Caimanes

- Norma Primaria MP₁₀

A continuación, en la Figura CA-32 se presentan las concentraciones discretas de MP₁₀, medidas cada tres días, en las estaciones anteriormente definidas, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde indica el mayor estadístico percentil 98 diario anual, registrado durante el periodo 2012 – 2014). Se observa que los valores medidos se encuentran por debajo de la norma establecida durante todo el periodo analizado.

Figura CA-32: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP₁₀ (Percentil 98 diario) respecto a Norma Primaria de MP₁₀. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes



A continuación, en la Tabla CA-30 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de MP₁₀ durante el periodo 2012-2014:

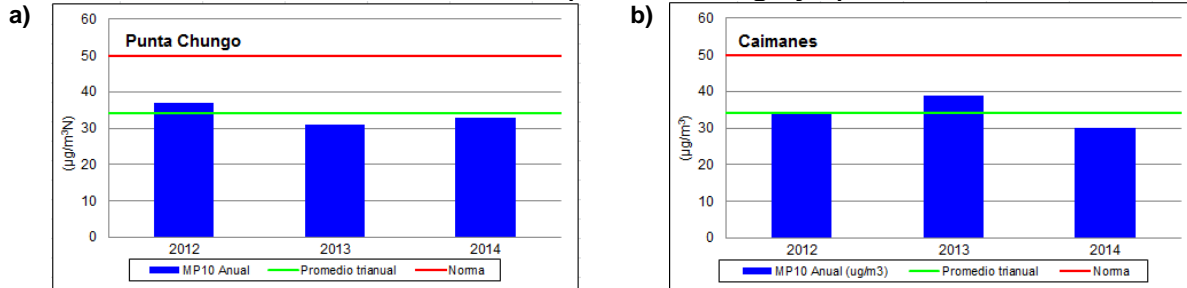
Tabla CA-30: Cumplimiento Norma diaria MP₁₀ Percentil 98 diario

Estación	2012 [µg/m ³ N]	2013 [µg/m ³ N]	2014 [µg/m ³ N]	Norma diaria [µg/m ³ N]	% peor condición respecto a la norma
Punta Chungo	69	63	57	150	46%
Caimanes	68	82	65	150	55%

Según lo indicado en la Figura CA-33 y Tabla CA-30, se concluye que los valores registrados de MP₁₀ en las estaciones analizadas están por debajo de los límites normativos, obteniendo los valores máximos en la estación Caimanes con 82 µg/ m³N para el peor caso (año 2013), lo que corresponde a un 55% de la norma (150 µg/m³N).

En la Figura CA-33 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de MP_{10} , calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, entre los años 2012 y 2014, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes.

Figura CA-33: Concentraciones promedios anuales de MP_{10} respecto a Norma Primaria de MP_{10} . Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes



A continuación, en la Tabla CA-31 se entrega el promedio trianual de los valores registrados de MP_{10} , durante el periodo evaluado (2012-2014):

Tabla CA-31: Cumplimiento Norma Anual MP_{10} Promedio Anual

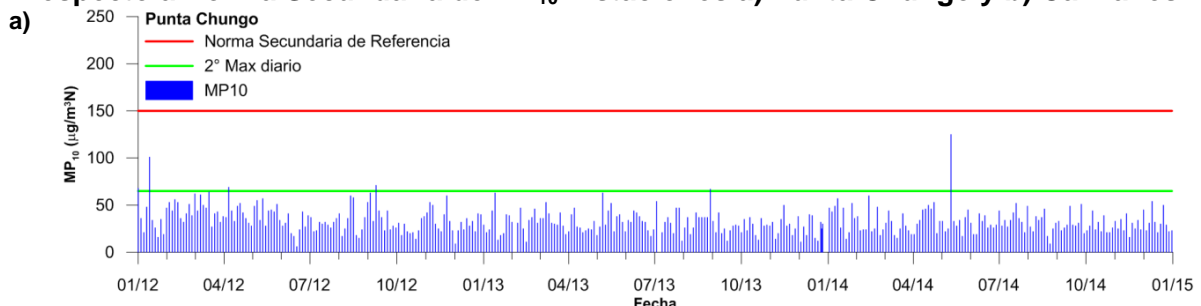
Estación	2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma anual $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	% respecto a la norma
Punta Chungo	37	31	33	34	50	68%
Caimanes	34	39	30	34	50	68%

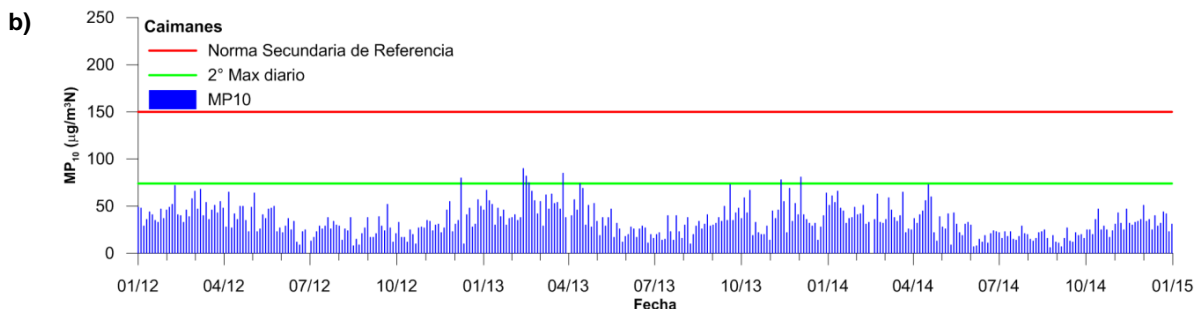
Según lo mostrado en la Figura CA-33 y Tabla CA-31, de las estaciones consideradas, el valor trianual de MP_{10} alcanza como máximo los $34 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en estación Caimanes, cumpliendo con la norma establecida, correspondiendo a un 68% de la norma ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), lo que implica que no alcanza niveles de latencia ni saturación.

- Norma Secundaria de referencia MP_{10}

A continuación, en la Figura CA-34 se presentan las concentraciones discretas de MP_{10} , medidas cada tres días, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes, la norma secundaria de referencia establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el 2° valor máximo diario de los valores monitoreados (línea verde), para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014. Se observa que los valores medidos se encuentran por debajo de la norma establecida durante todo el periodo analizado.

Figura CA-34: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{10} (2° valor máximo diario) respecto a Norma Secundaria de MP_{10} . Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes





A continuación, en la Tabla CA-32 se entrega el 2º valor máximo de los valores registrados de MP_{10} durante el periodo 2012-2014:

Tabla CA-32: Cumplimiento Norma diaria MP_{10} 2º Máximo diario

Estación	2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	2013 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	2014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	% respecto a la norma
Punta Chungo	71	63	60	65	150	43%
Caimanes	72	85	66	74	150	49%

Según lo indicado en la Figura CA-34 y Tabla CA-32, se concluye que los valores registrados de MP_{10} en las estaciones analizadas, cumplen con la norma diaria establecida, correspondiendo el 2º máximo promedio obtenido a un valor máximo de $74 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el promedio del periodo 2012 – 2014 de la estación Caimanes, lo que corresponde a un 49% de la norma ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), lo que implica que no se alcanzan niveles de latencia ni saturación en ninguna de las estaciones analizadas.

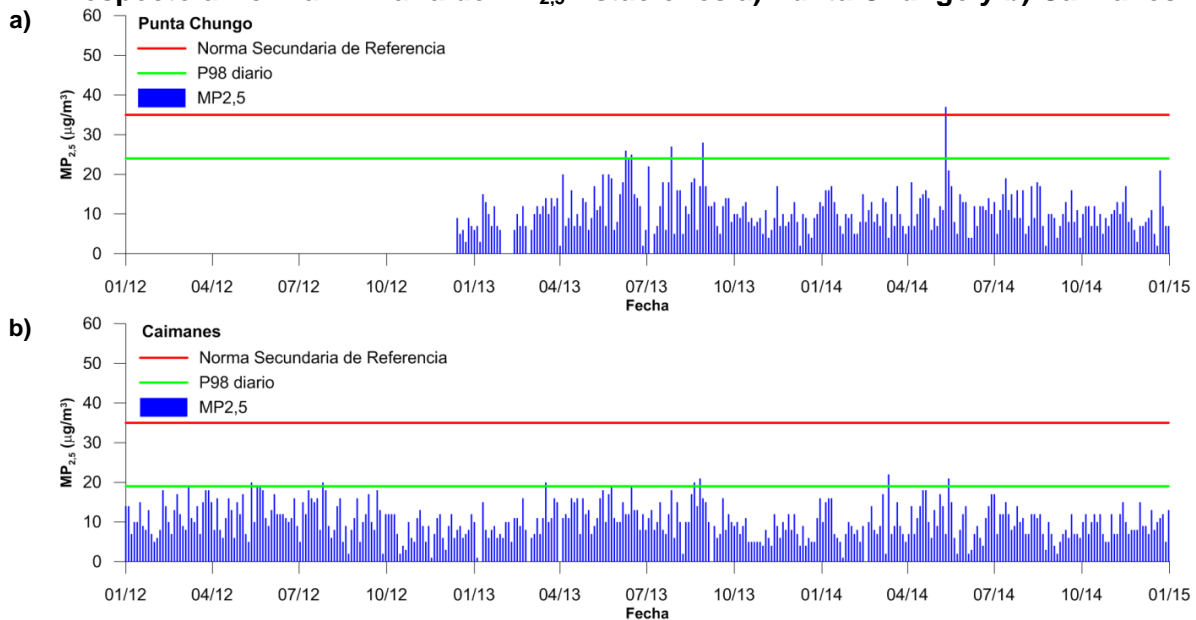
- *Material particulado respirable fino ($MP_{2,5}$)*

En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de material particulado respirable $MP_{2,5}$, para las estaciones Punta Chungo y Caimanes.

- Norma primaria $MP_{2,5}$

En la Figura CA-35 presentada a continuación, se muestran las concentraciones discretas de $MP_{2,5}$ registradas cada tres días, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde, indica el mayor valor, registrado durante el periodo 2012 – 2014). Se observa que los valores medidos se encuentran por debajo de la norma establecida durante todo el periodo analizado. Cabe señalar que la estación Punta Chungo comienza a monitorear desde diciembre del 2012.

Figura CA-35: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{2,5} P98 diario, con respecto a Norma Primaria de MP_{2,5} Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes



A continuación, en la Tabla CA-33 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de MP_{2,5} durante el periodo 2012 - 2014:

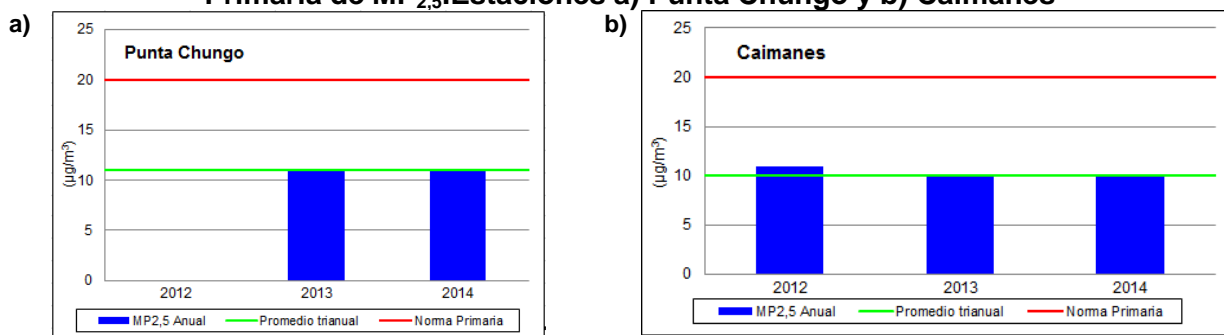
Tabla CA-33: Cumplimiento Norma Diaria MP_{2,5} Percentil 98 diario

Estaciones	2012 [µg/m ³]	2013 [µg/m ³]	2014 [µg/m ³]	Norma diaria [µg/m ³]	% peor condición respecto a la norma
Punta Chungo	--	26	21	50	52%
Caimanes	19	20	18	50	40%

Según lo indicado en la Figura CA-35 y Tabla CA-33, se concluye que los registros de MP_{2,5} en ambas estaciones cumplen con la norma establecida, obteniéndose el mayor valor del percentil 98 en la estación Punta Chungo para el año 2013, con 26 µg/m³, que son equivalentes a un 52% de la norma (50 µg/m³).

En la Figura CA-36 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de MP_{2,5} calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes:

Figura CA-36: Concentraciones promedios anuales de MP_{2.5} con respecto a Norma Primaria de MP_{2.5}. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes



En la Tabla CA-34 presentada a continuación, se entrega el promedio anual de los valores de MP_{2.5} registrados en las estaciones Punta Chungo y Caimanes, durante el periodo evaluado (2012 - 2014).

Tabla CA-34: Cumplimiento Norma Promedio Anual MP_{2.5}

Estadístico	2012 [µg/m ³]	2013 [µg/m ³]	2014 [µg/m ³]	Promedio [µg/m ³]	Norma anual [µg/m ³]	% respecto a la norma
Punta Chungo	--	11	11	11	20	55%
Caimanes	11	10	10	10	20	50%

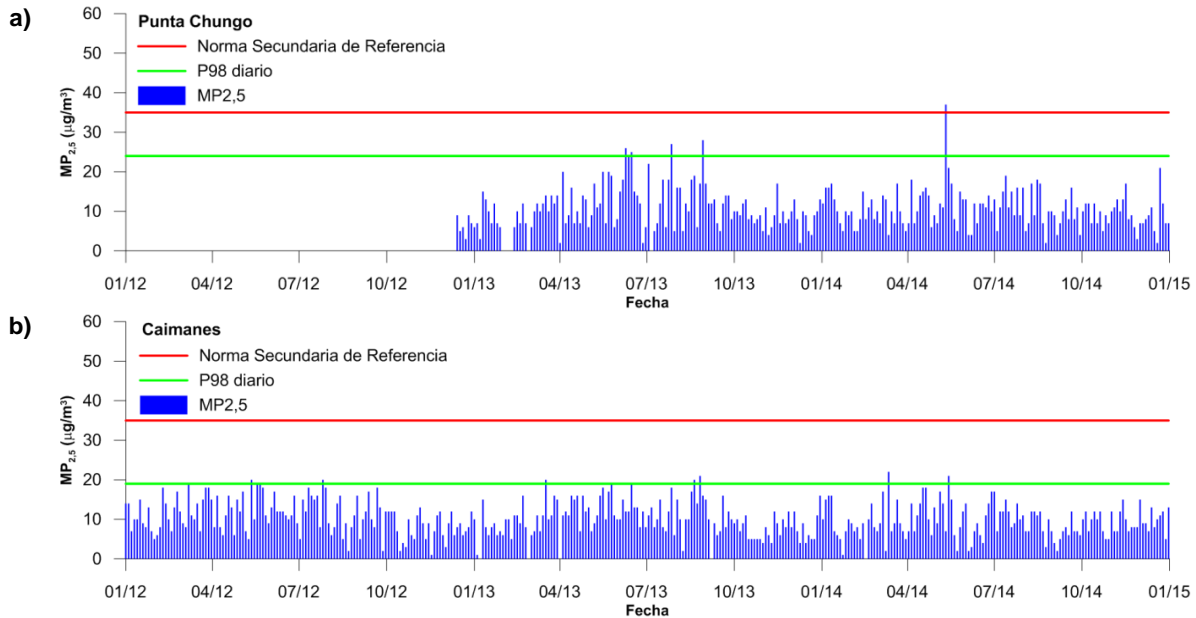
Según lo indicado en la Figura CA-36 y Tabla CA-34, se concluye que los valores trienales de MP_{2.5} cumplen con la norma establecida, con un máximo de 11 µg/m³, que corresponde a un 55% de la norma (20 µg/m³).

- Norma Secundaria de referencia MP_{2.5}

En la Figura CA-37 presentada a continuación, se muestran las concentraciones discretas de MP_{2.5} registradas cada tres días, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes, la norma establecida (línea roja) para concentraciones de 24 horas y el percentil 98 diario de los valores monitoreados (línea verde), para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014.

Se observa que los valores medidos se encuentran por debajo de la norma establecida durante todo el periodo analizado, a excepción de un valor monitoreado durante el año 2014 en la estación Punta Chungo, aunque cabe señalar que dicho valor no afecta al cumplimiento de normativa del percentil 98 diario de dicha estación.

Figura CA-37: Concentraciones discretas (cada 3 días) de MP_{2,5} P98 diario secundario con respecto a Norma Secundaria de MP_{2,5}. Estaciones; a) Punta Chungo y b) Caimanes



A continuación, en la Tabla CA-35 se entrega el percentil 98 de los valores registrados de MP_{2,5} durante el periodo 2012 - 2014:

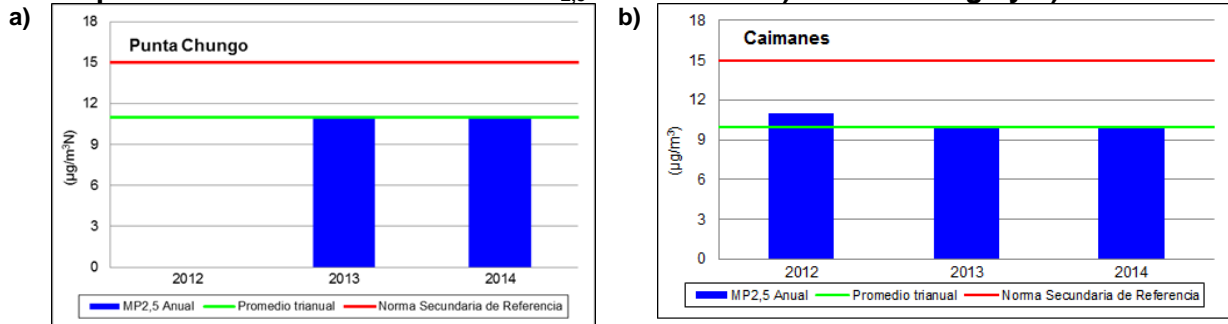
Tabla CA-35: Cumplimiento Norma Diaria MP_{2,5} Percentil 98 diario

Estación	2012 [µg/m ³]	2013 [µg/m ³]	2014 [µg/m ³]	Promedio [µg/m ³]	Norma diaria [µg/m ³]	% respecto a la norma
Punta Chungo	--	26	21	24	35	69%
Caimanes	19	20	18	19	35	54%

Según lo indicado en la Figura CA-37 y Tabla CA-35, los valores registrados de MP_{2,5} en las estaciones analizadas, cumplen con la norma secundaria de referencia establecida, alcanzándose un 69% para el percentil 98 obtenido (24 µg/m³) del promedio del periodo 2012 – 2014.

En la Figura CA-38 a continuación, se presentan las concentraciones anuales de MP_{2,5} calculadas a partir de las mediciones discretas registradas cada 3 días, para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014, en las estaciones Punta Chungo y Caimanes:

Figura CA-38: Concentraciones promedios anuales de MP_{2,5} Periodo 2012 – 2014, con respecto a Norma Secundaria de MP_{2,5}. Estaciones a) Punta Chungo y b) Caimanes



En la Tabla CA-36 presentada a continuación, se entrega el promedio anual de los valores de MP_{2,5} registrados en las estaciones Punta Chungo y Caimanes, durante el periodo evaluado (2012 - 2014).

Tabla CA-36: Cumplimiento Norma Anual MP_{2,5}

Estación	2012 [µg/m ³]	2013 [µg/m ³]	2014 [µg/m ³]	Promedio [µg/m ³]	Norma anual [µg/m ³]	% respecto a la norma
Punta Chungo	--	11	11	11	15	73%
Caimanes	11	10	10	10	15	67%

Según lo indicado en la Figura CA-38 y Tabla CA-36, el valor trianual alcanza un máximo de un 73% de la norma secundaria de referencia (15 µg/m³N), en la estación Punta Chungo.

- *Dióxido de Nitrógeno (NO₂)*

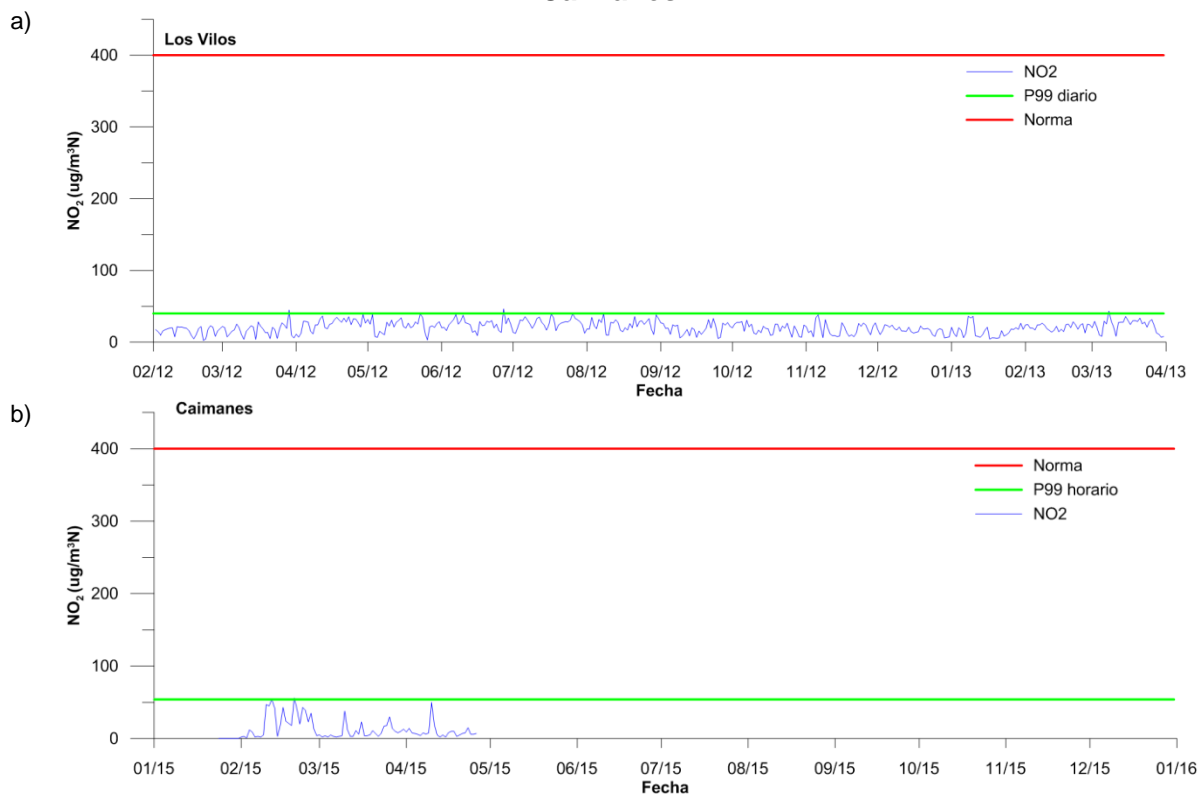
De acuerdo a lo señalado en la sección de metodología 1.1.3.3.1, la estación Tranque Mauro, está presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como al asociado al Área Punta Chungo-Pupío, de manera que ya fue analizada su información en la sección 1.1.3.5.2 y no se volverá incluir en el Área Punta Chungo-Pupío.

En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de dióxido de nitrógeno NO₂, para la estación Los Vilos y Caimanes.

- Norma Primaria para NO₂

A continuación, en la Figura CA-39 se muestra el gráfico correspondiente al percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO₂ registrados en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-39: Percentil 99 de los valores máximos diarios de concentración de 1 hora de NO₂, con respecto de la Norma Primaria de NO₂: a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



En la Figura CA-41 se puede observar que las concentraciones máximas horarias se encuentran en rangos por debajo del límite normativo en ambas estaciones monitoreadas. (14%).

En la Tabla CA-37 que se presenta a continuación, se entregan los valores del percentil 99 horario de NO₂ obtenido para los periodos analizados.

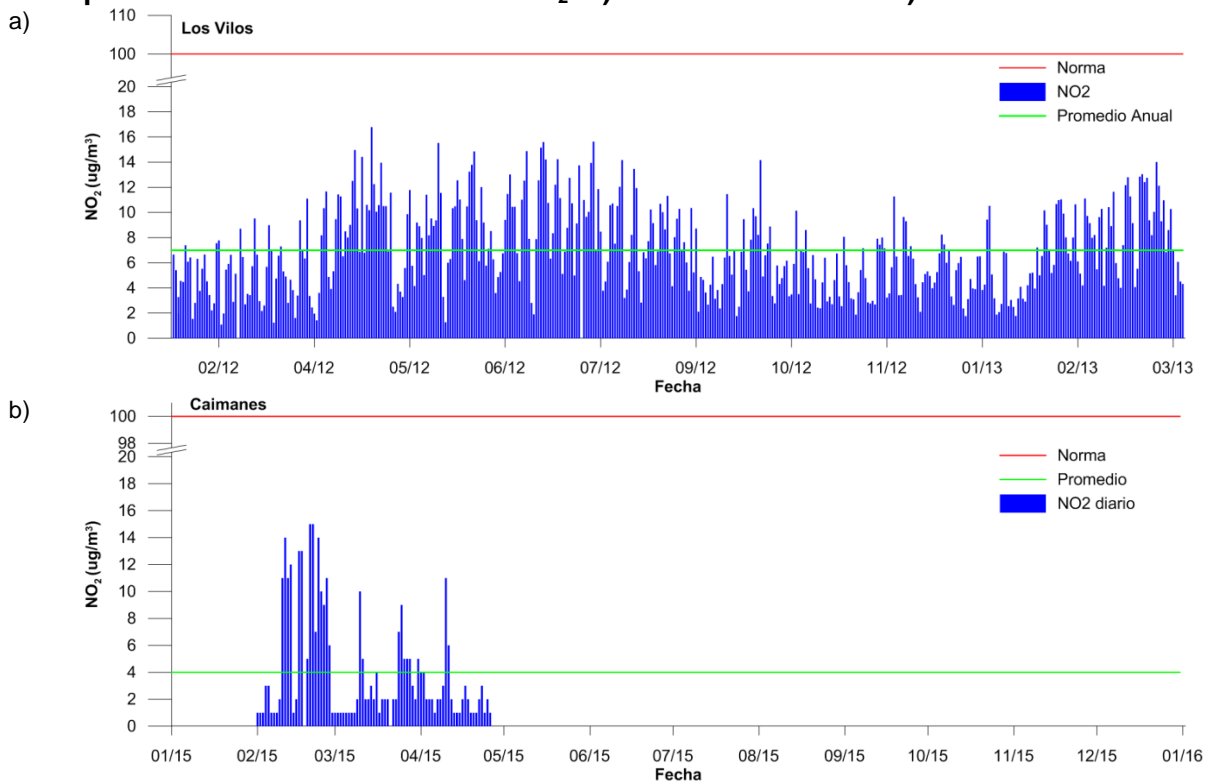
Tabla CA-37: Cumplimiento Norma NO₂, P99 horario

Estación	Periodo	Percentil 99 horario [µg/m ³ N]	Norma Horaria [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012-31/03/2013)	40	400	10%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	54	400	14%

Según lo indicado en la Figura CA-39 y la Tabla CA-37, es posible concluir que los valores del estadístico presentado, solo con fines referenciales, se encuentra bajo la norma establecida para el periodo analizado en ambas estaciones, correspondiendo el P99 horario de las concentraciones de NO₂ a un 40 y 54 µg/m³N equivalente a un 10 y 14% del valor normado (400 µg/m³N), en la estación Los Vilos y Caimanes, respectivamente.

En la Figura CA-40 a continuación, se muestran las concentraciones promedio diarias de NO₂ obtenidas en las estaciones Los Vilos y Caimanes, además del promedio anual 2012 para la estación Los Vilos y en forma referencial el periodo monitoreado para la estación Caimanes.

Figura CA-40: Concentración de NO₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto de la Norma Primaria de NO₂: a) Estación Los Vilos b) Estación Caimanes



En la Figura CA-40 se puede observar que las concentraciones de 24 horas se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo (menores a 20 ug/m³N) en ambas estaciones, para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

A continuación, en la Tabla CA-38, se entrega en promedio de las concentraciones de NO₂ para el periodo analizado.

Tabla CA-38: Cumplimiento Norma Promedio Anual NO₂ (100 µg/m³N)

Estación	Periodo	Promedio periodo [µg/m ³ N]	Norma anual [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012-31/03/2013)	7	100	7%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	4	100	4%

A partir de lo indicado en la Figura CA-40 y Tabla CA-38, se concluye que los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo el promedio de las concentraciones de NO₂ a un máximo de 7% y 4% del

valor normado ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), en la estación Los Vilos y Caimanes, respectivamente. Cabe señalar que dicha comparación se hace en forma referencial dado el periodo de datos monitoreados.

- Normativa Secundaria de referencia para NO_2

Para evaluar normativa secundaria para NO_2 se usó como referencia la norma propuesta por la US EPA (Tabla CA-9).

A continuación, en la Tabla CA-39, se entrega en promedio de las concentraciones de NO_2 para el periodo analizado:

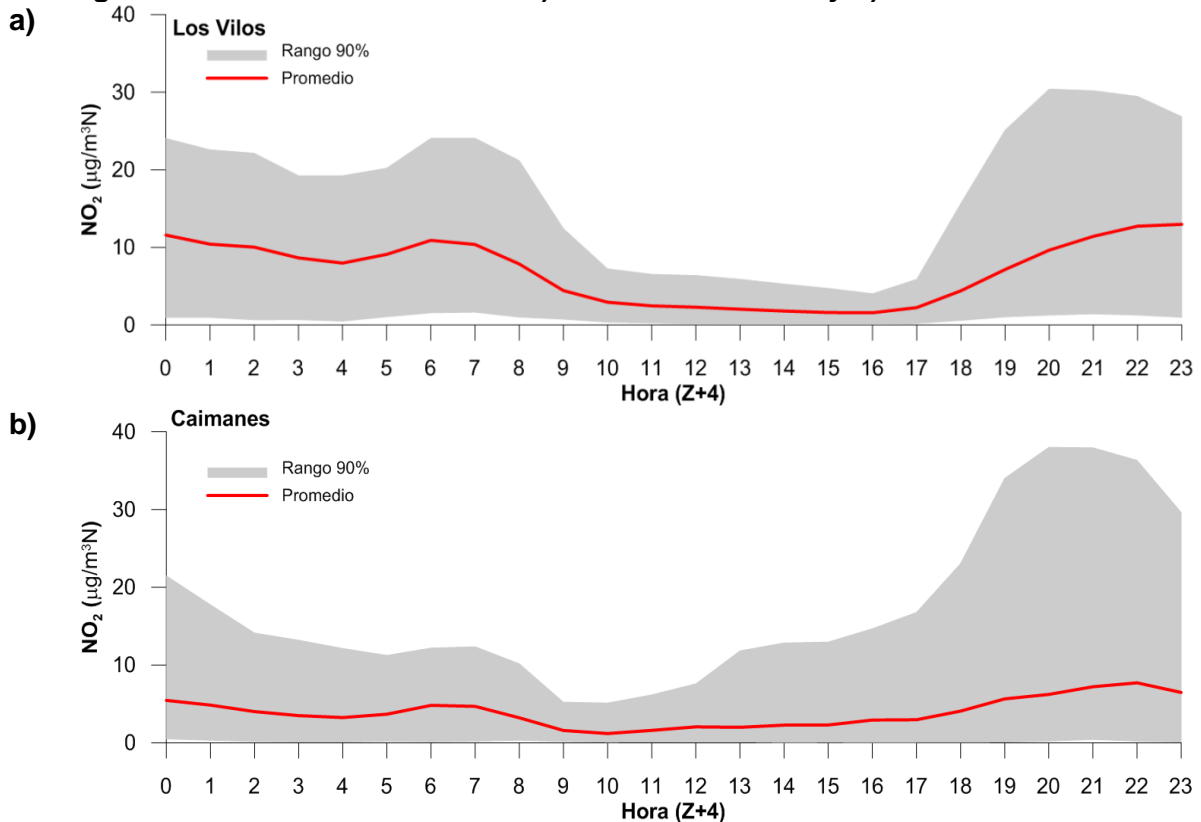
Tabla CA-39: Cumplimiento Norma Anual NO_2 ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)

Estación	Periodo	Promedio Anual [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012-31/03/2013)	7	100	7%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	4	100	4%

- Ciclo diario NO_2

A continuación se presenta la Figura CA-41, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de NO_2 para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-41: Ciclo Diario NO_2 – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes

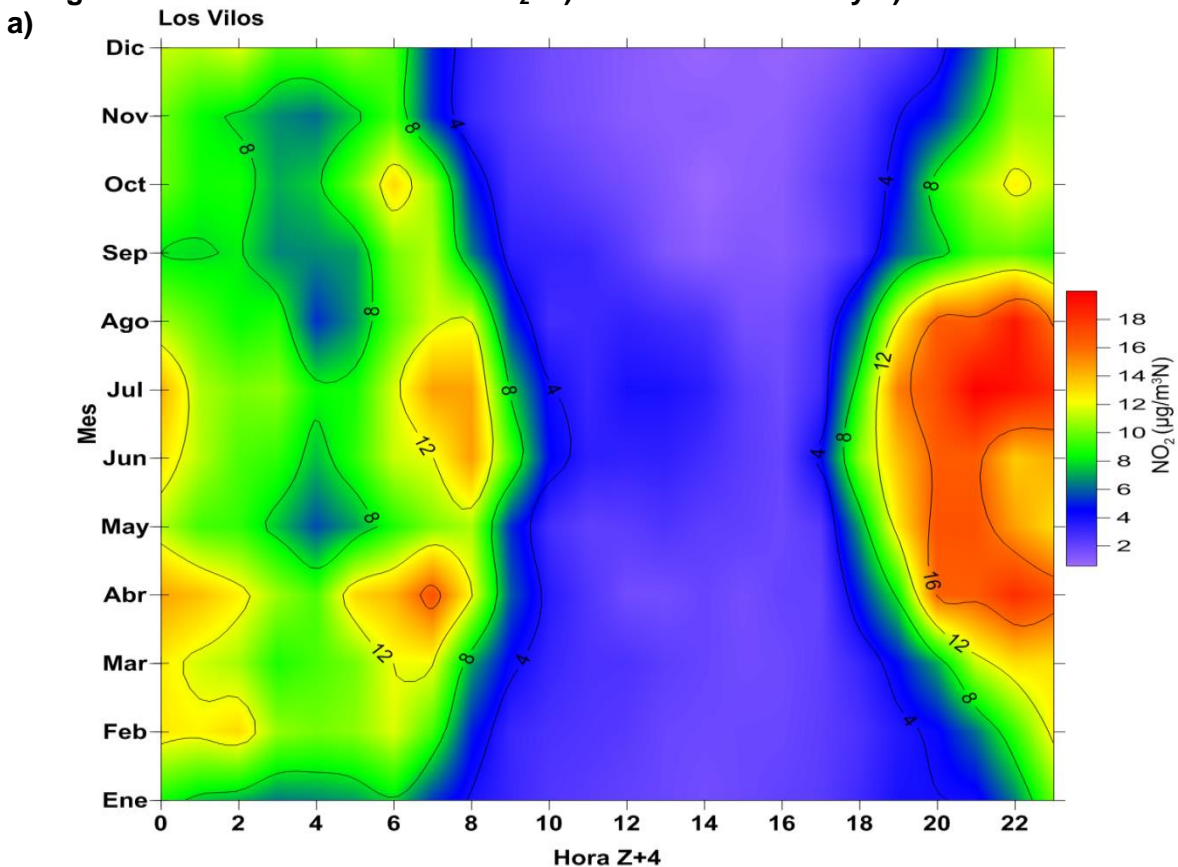


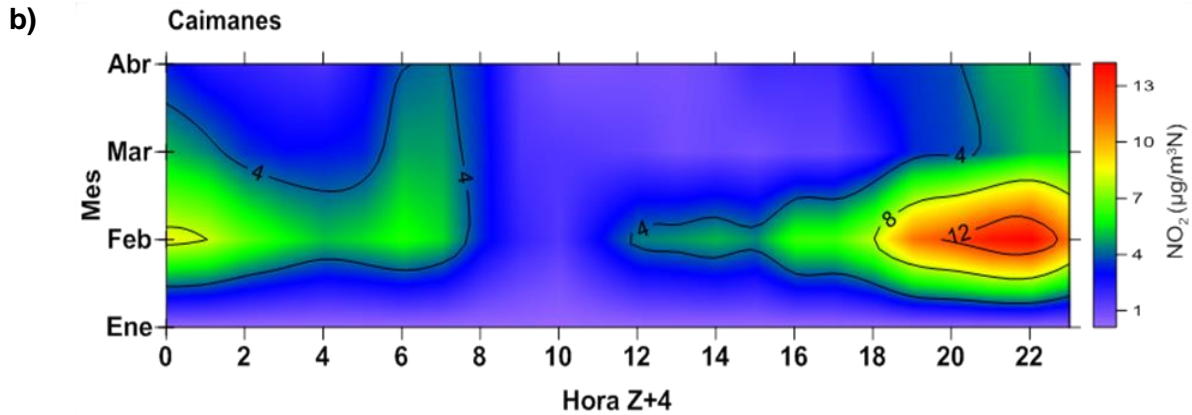
Según los gráficos exhibidos en la Figura CA-41, en las estaciones Los Vilos se establece la existencia de un promedio diario, entre las 21:00 y 07:00 horas de alrededor de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un marcado descenso entre 10:00 y 17:00 horas con un promedio de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Adicionalmente, se observa un incremento de la variabilidad durante las horas de la tarde, específicamente entre las 18:00 y 23:00 horas. Respecto de la estación Caimanes, se establece la existencia de un promedio diario, alrededor de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, con un marcado incremento de la variabilidad durante las horas de la tarde, específicamente entre las 19:00 y 22:00 horas, que alcanza valores máximos por sobre los $35 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

- Ciclos estacionales NO_2

A continuación se presenta la Figura CA-42, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de NO_2 para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-42: Ciclo Estacional NO_2 : a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes





Según el gráfico mostrado en la Figura CA-42, se establece que en la estación Los Vilos las mayores concentraciones se presentaron en los meses de marzo a agosto, en particular entre las 20:00 y las 22:00 horas, con concentraciones mínimas durante el día entre las 08:00 y 18:00 horas aproximadamente. En cambio, en la estación Caimanes, las mayores concentraciones se presentaron alrededor de las 22:00 horas, durante el mes de febrero, con concentraciones mínimas durante el día entre las 8:00 y 18:00 horas aproximadamente.

- *Dióxido de Azufre (SO₂)*

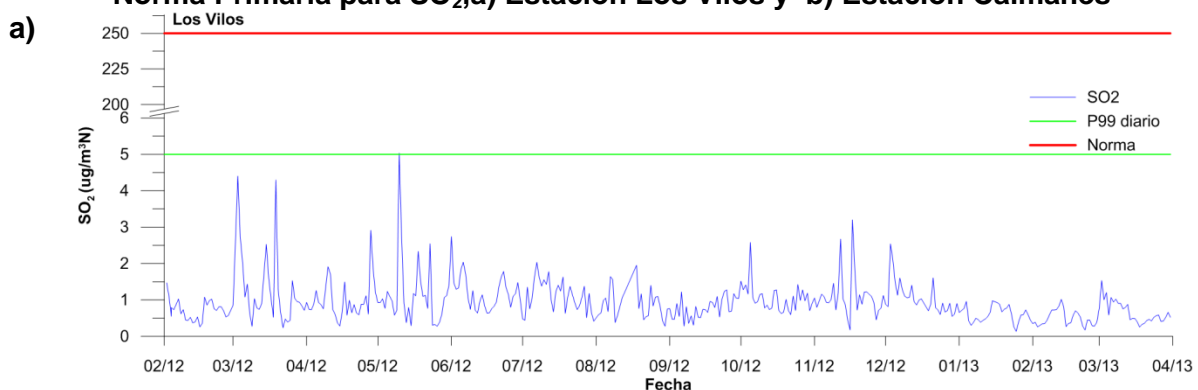
De acuerdo a lo señalado en la sección de metodología 1.1.3.3.1, la estación Tranque Mauro, está presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como al asociado al Área Punta Chungo-Pupío, de manera que ya fue analizada su información en la sección 1.1.3.5.2 y no se volverá incluir en el Área Punta Chungo-Pupío.

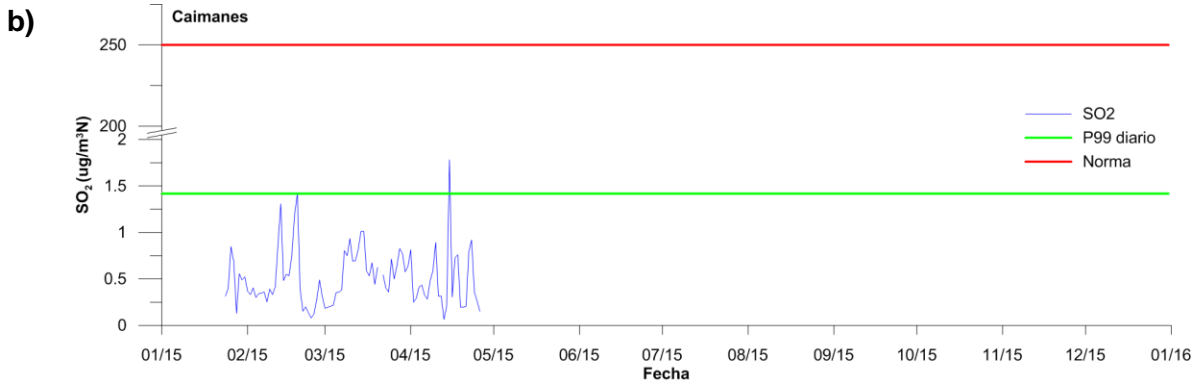
En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de dióxido de azufre SO₂, para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

- Norma Primaria para SO₂

A continuación, en la Figura CA-43 se muestran los gráficos correspondientes al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO₂ registrados en las estaciones Los Vilos y Caimanes, durante el periodo evaluado.

Figura CA-43: Percentil 99 de las concentraciones de 24 horas de SO₂, respecto de Norma Primaria para SO₂, a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes





En la Figura CA-43 se puede observar que las concentraciones de 24 horas se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo en ambas estaciones, para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

En la Tabla CA-40 que se muestra a continuación, se presentan los valores del percentil 99 de SO₂, obtenido para los periodos analizados.

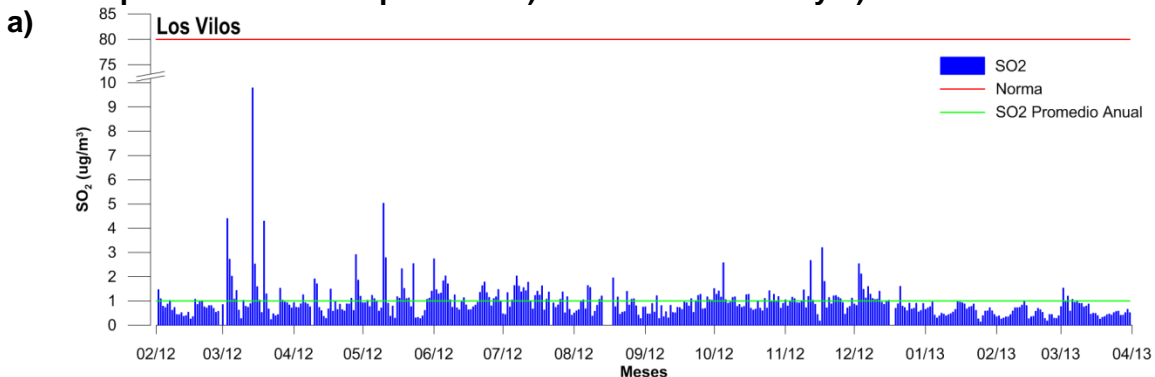
Tabla CA-40: Cumplimiento Norma SO₂, P99 diario de las concentraciones

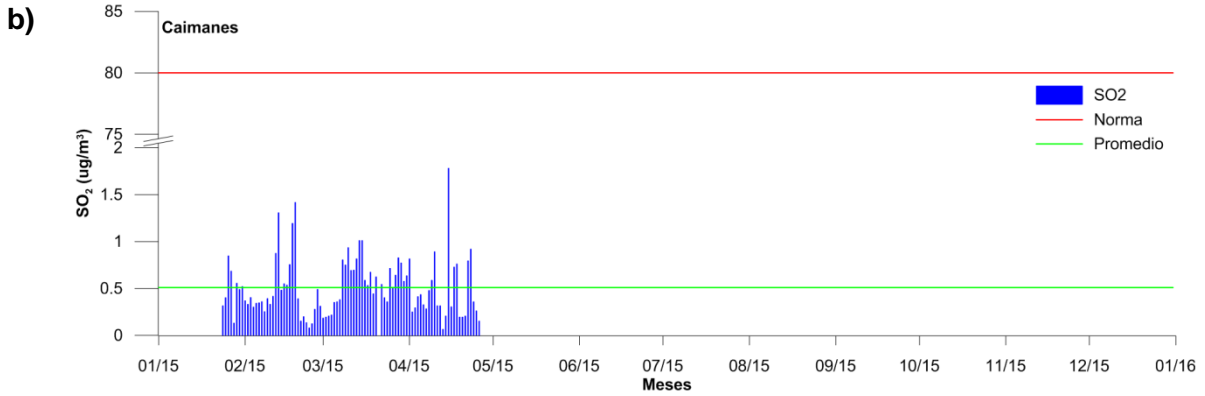
Estación	Periodo	Percentil 99 diario [µg/m ³ N]	Norma Diaria [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	5	250	2%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	1	250	0%

Según lo indicado en la Figura CA-43 y la Tabla CA-40, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, con concentraciones de 5 y 1 µg/m³N, equivalentes a un 2 y 0% del valor normado (250 µg/m³N), para las estaciones Los Vilos y Caimanes, respectivamente.

En la Figura CA-44 a continuación, se muestran las concentraciones promedio diarias y el promedio anual de SO₂ obtenido en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-44: Concentración de SO₂ (promedio anual) del periodo registrado, con respecto de la norma primaria. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes





En la Figura CA-44 se puede observar que las concentraciones de 24 horas se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo en ambas estaciones, debiendo cortar el eje vertical para hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma

A continuación, en la Tabla CA-41, se entrega en promedio de las concentraciones de SO₂ para el periodo analizado.

Tabla CA-41: Cumplimiento Norma Promedio Anual SO₂.

Estación	Periodo	Promedio Anual [µg/m ³ N]	Norma anual [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	1	80	1%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	1	80	1%

A partir de lo indicado en la Figura CA-44 y Tabla CA-41, los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo el promedio de las concentraciones de SO₂ a un máximo de un 1% del valor normado en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

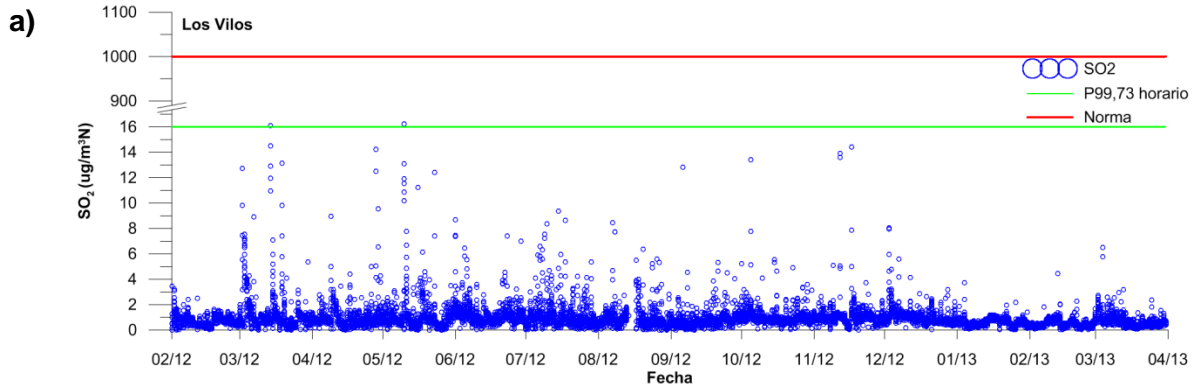
- Normativa Secundaria para SO₂

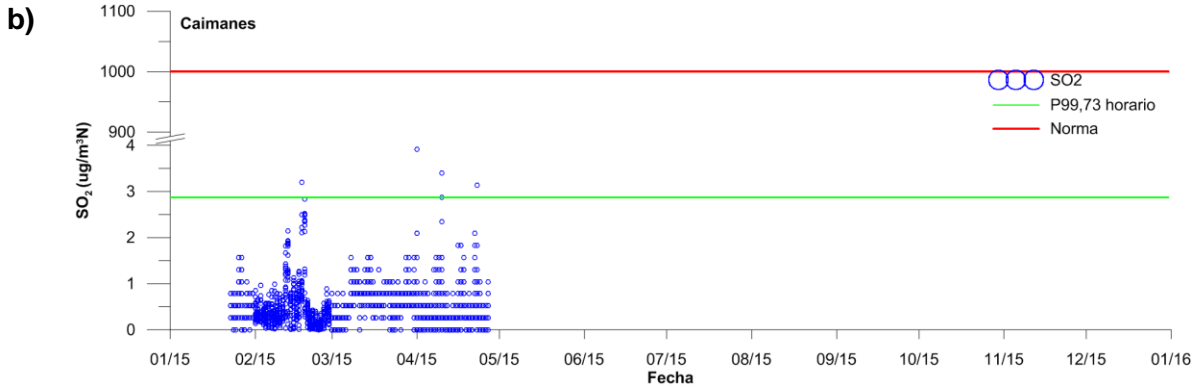
El estándar anual de la norma secundaria coincide con el de la norma primaria anteriormente analizada (80 ug/m³), razón por la cual no se reitera la información ya analizada. Respecto del estándar horario y diario, a continuación se presentan los gráficos y tablas respectivas.

Figura CA-45: Concentración de SO₂ Percentil 99,7 diario del periodo registrado con respecto de la Norma Secundaria de SO₂. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



Figura CA-46: Concentración de SO₂ Percentil 99,73 horario del periodo registrado, con respecto de la Norma Secundaria de SO₂. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes





En la Figura CA-45 y Figura CA-46, se puede observar que tanto las concentraciones de 24 horas como horarias, se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo en ambas estaciones, para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

A continuación en la Tabla CA-42, se presentan los estadísticos secundario percentil 99,7 diario y percentil 99,73 horario.

Tabla CA-42: Cumplimiento Norma Secundaria de SO₂

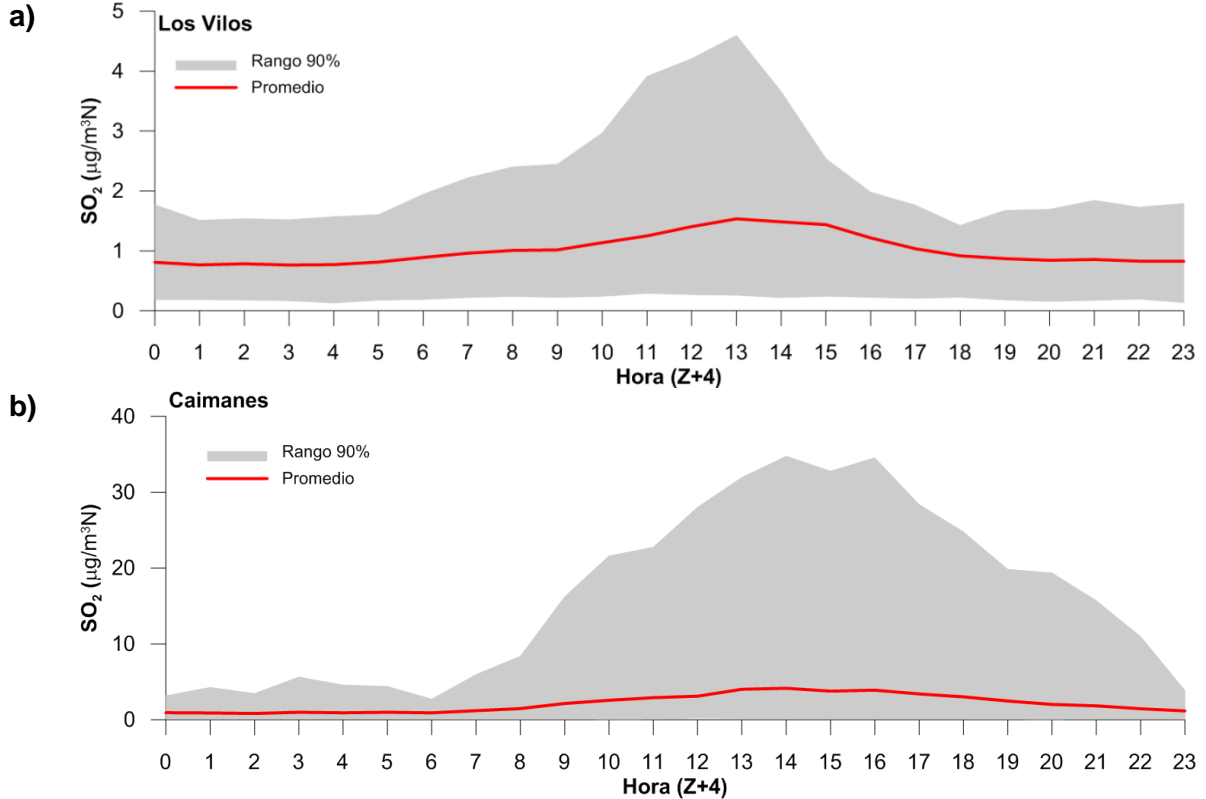
Estación	Periodo	Estadístico	[µg/m ³ N]	Norma [µg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	P99,7 diario	10	365	3%
		P99,73 horario	16	1000	2%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	P99,7 diario	2	365	1%
		P99,73 horario	3	1000	0%

A partir de lo indicado en la Figura CA-45, Figura CA-46 y Tabla CA-42, se observa que los valores medidos durante el periodo analizado se encuentran bajo la norma establecida, con valores de 3 y 1% de la normativa analizada para el percentil 99,7 diario (365 ug/m³N) y a un 2 y 0% del estadístico percentil 99,73 horario (1.000 ug/m³N), en las estación Los Vilos y Caimanes, respectivamente.

- Ciclos diarios SO₂

A continuación se presenta la Figura CA-47, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de SO₂ para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-47: Ciclo Diario SO₂ – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes

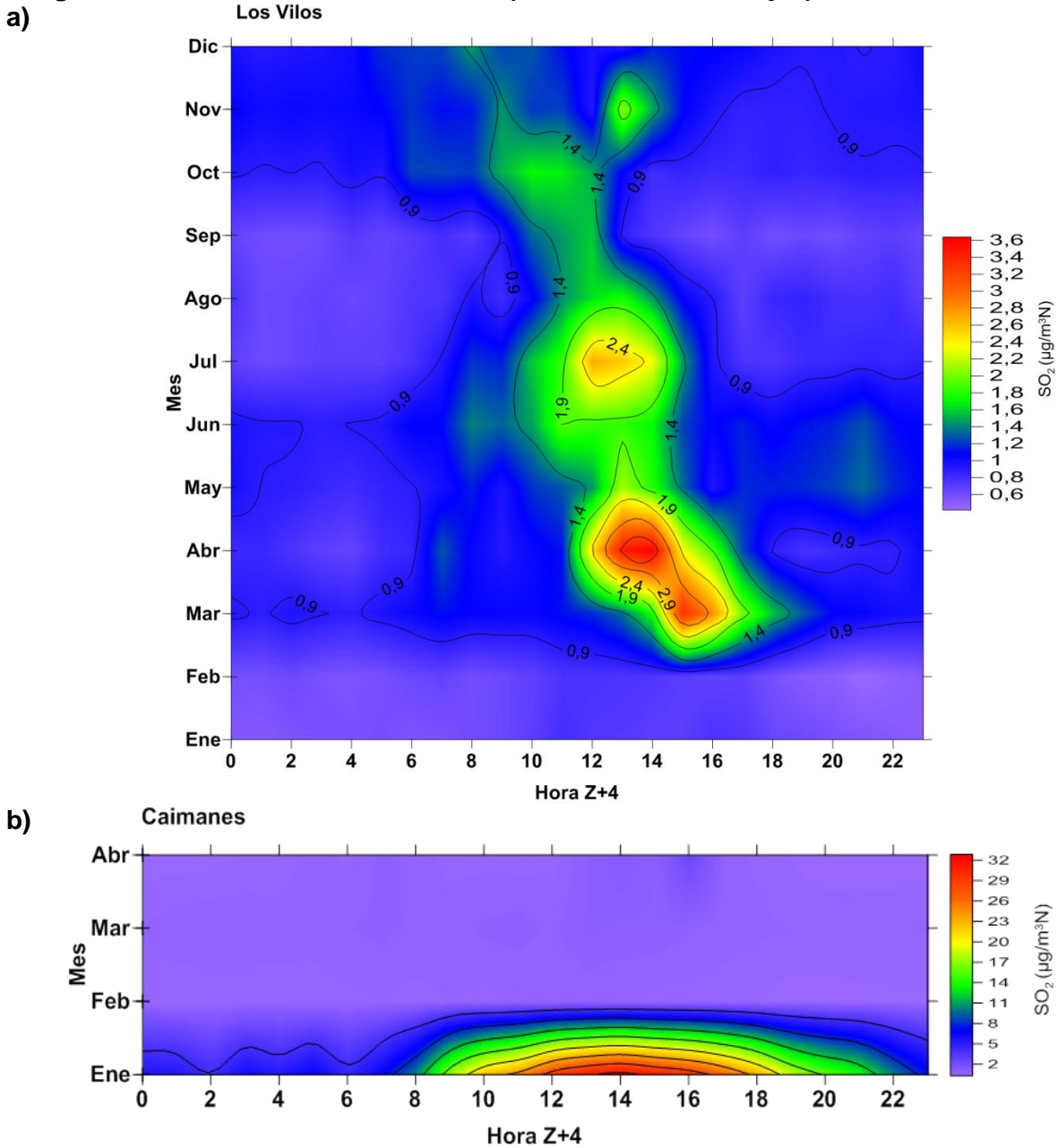


Según el gráfico exhibido en la Figura CA-47, para la estación Los Vilos se observa un promedio diario estable durante el día, alrededor de 1 ug/m³N, con un leve incremento entre las 12:00 y 16:00 horas. Para la estación Caimanes se observa un promedio diario estable durante el día, alrededor de 1 ug/m³N, con un leve incremento entre las 13:00 y 16:00 horas, con valores promedio de 3 ug/m³N. Además se aprecia en el mismo rango temporal ya mencionado valores máximos diarios que se encuentran bajo los 40 ug/m³N, para ambas estaciones

- Ciclos estacionales SO₂

A continuación se presenta la Figura CA-48, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de SO₂ para el periodo de datos registrados en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-48: Ciclo Estacional SO₂ – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-48, la estación Los Vilos se observan los valores máximos entre las 12:00 y 16:00 horas durante los meses de febrero a mayo con valores alrededor de 3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y con concentraciones mínimas entre las 20:00 y 09:00 horas alrededor de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. La estación Caimanes se observan los valores máximos entre las 12:00 y 16:00 horas durante el mes de enero con valores alrededor de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y con concentraciones mínimas entre las 22:00 y 07:00 horas alrededor de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

- *Monóxido de Carbono (CO)*

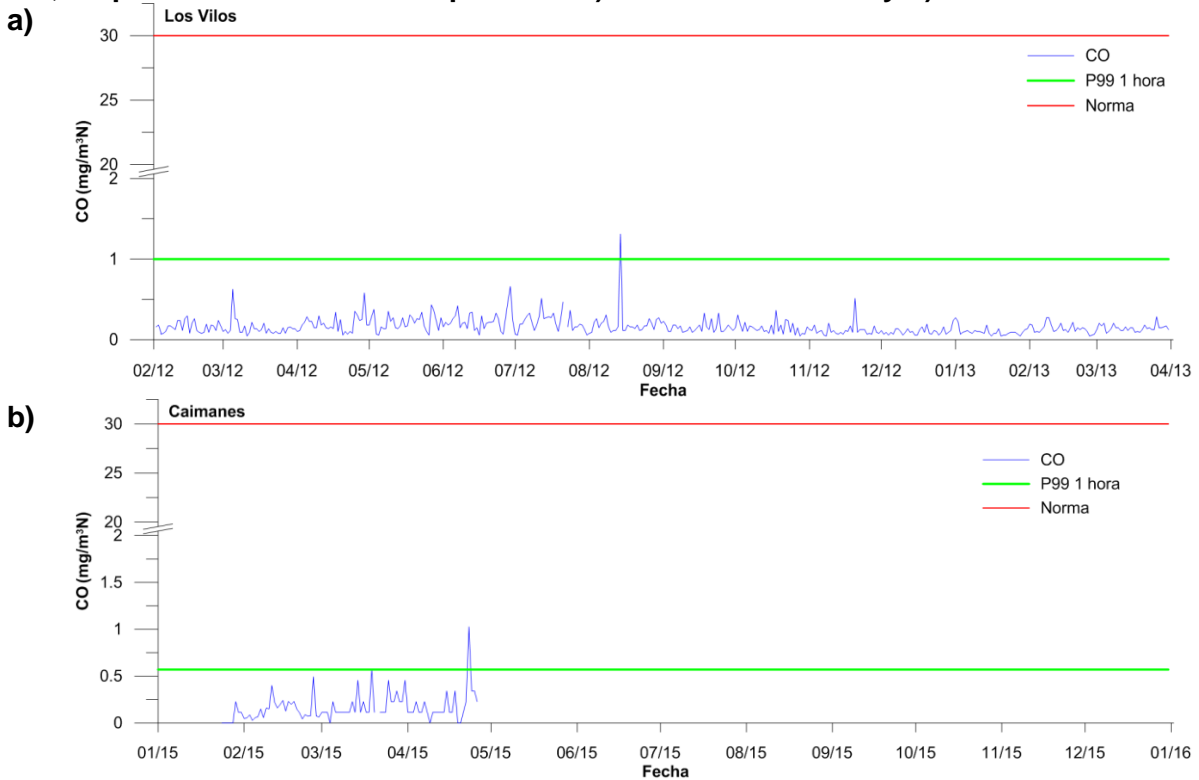
De acuerdo a lo señalado en la sección de metodología 1.1.3.3.1, la estación Tranque Mauro, está presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como al asociado al Área Punta Chungo-Pupío, de manera que ya fue analizada su información en la sección 1.1.3.5.2 y no se volverá incluir en el Área Punta Chungo-Pupío.

En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de monóxido de carbono, CO, para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

- Norma Primaria para CO

A continuación, en la Figura CA-49 se muestran los gráficos correspondientes al percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora de CO registrados en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-49: Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 1 hora de CO, respecto a Norma Primaria para CO. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



En la Figura CA-49 se puede observar que las concentraciones se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo (menores a 1 mg/m³N) en ambas estaciones, para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

En la Tabla CA-43 que se presenta a continuación, se entrega el valor del percentil 99 horario de CO obtenido para el periodo analizado.

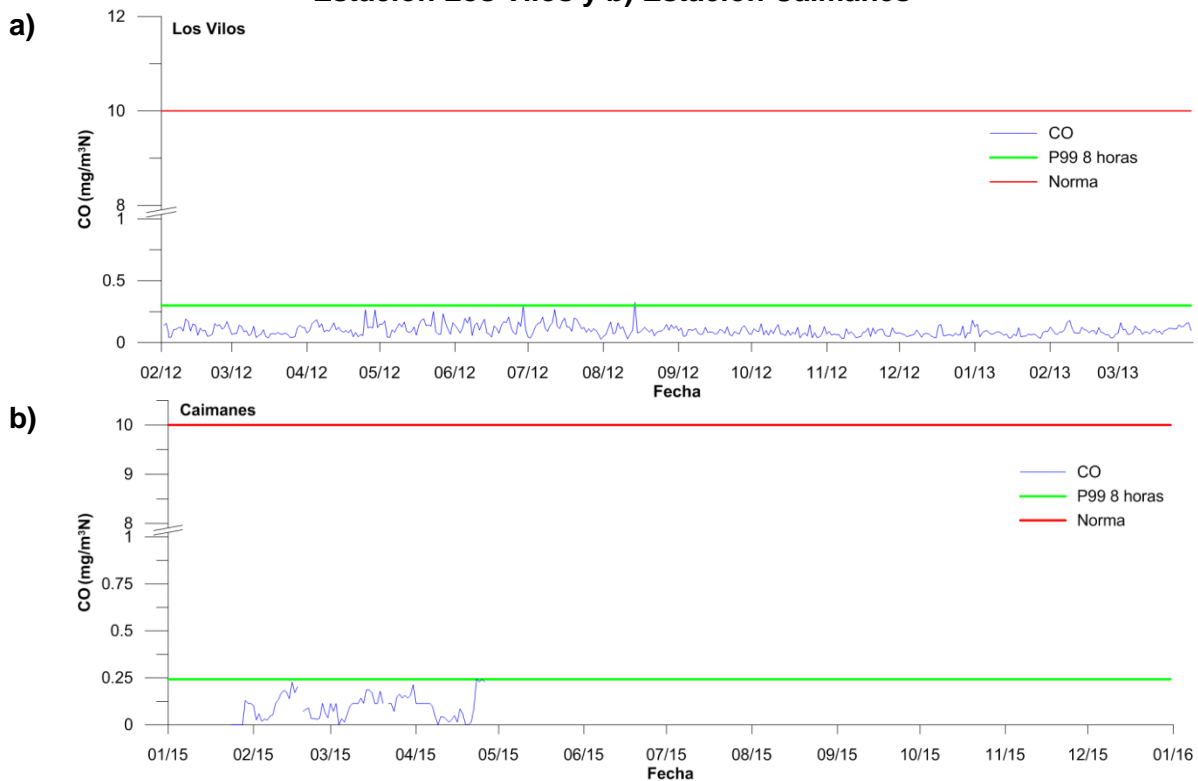
Tabla CA-43: Cumplimiento Norma CO, P99 horario (30 mg/m³N)

Estación	Periodo	P99 1 hora [mg/m ³ N]	Norma [mg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	1	30	3%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	1	30	3%

Según lo indicado en la Figura CA-49 y la Tabla CA-43, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, correspondiendo el promedio de las concentraciones de CO a 1 mg/m³N equivalente a un 3% del valor normado (30 mg/m³N), para ambas estaciones.

En la Figura CA-50 a continuación, se muestran las concentraciones anuales de CO, obtenidas en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-50: Percentil 99 de los máximos diarios de concentraciones de 8 horas de CO (promedio móvil) del periodo registrado, respecto a Norma Primaria para CO. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



En la Figura CA-50 se puede observar que las concentraciones se encuentran en rangos muy por debajo del límite normativo (menores a 1 mg/m³N) en ambas estaciones, para lo cual se modificó el eje vertical, de manera de hacer gráficamente perceptibles las concentraciones con respecto al valor norma.

A continuación, en la Tabla CA-44, se entregan el valor del percentil 99 de CO obtenido para el periodo analizado:

Tabla CA-44: Cumplimiento Norma CO P99 8 horas (10 mg/m³N)

Estación	Periodo	P99 8 hora* [mg/m ³ N]	Norma [mg/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	0	10	0%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	0	10	0%

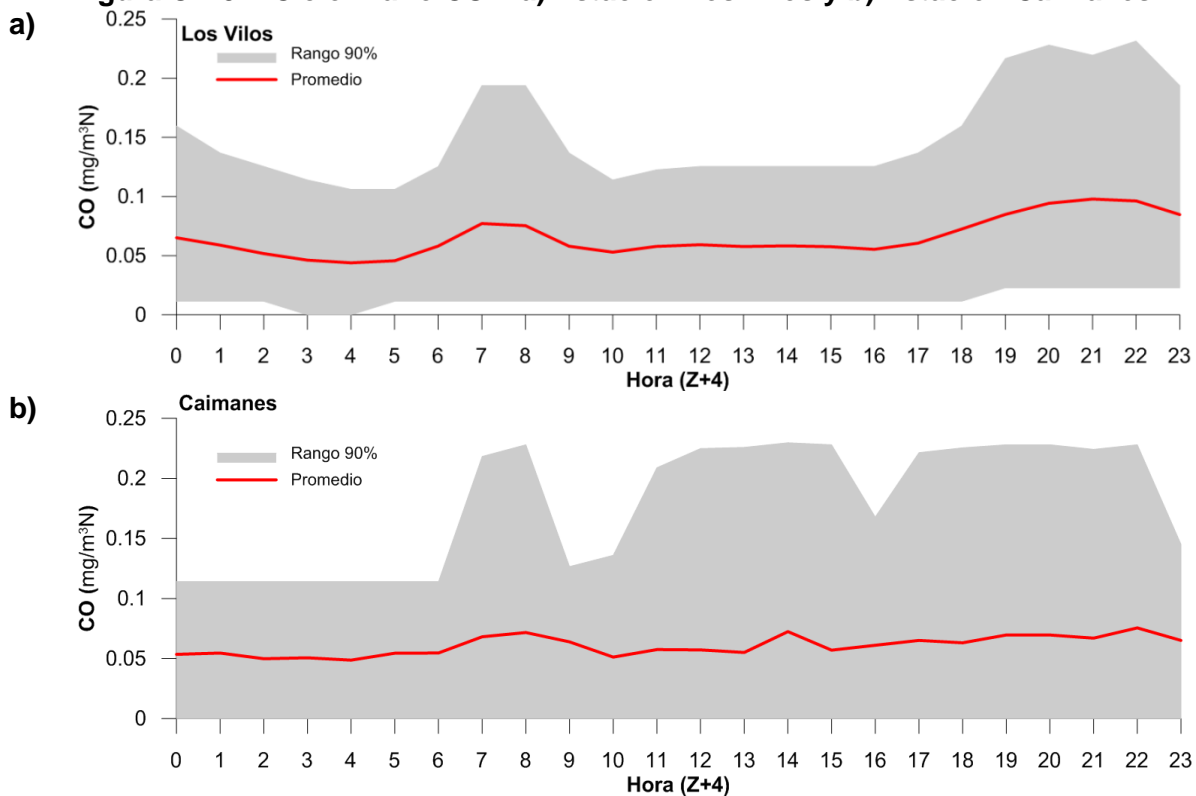
*Si bien, se obtienen datos mayores que cero, al aproximarlos al entero más cercano.

A partir de lo indicado en la Figura CA-50 y Tabla CA-44, los valores medidos durante los periodos analizados a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo el promedio de las concentraciones de CO a un rango de 0% del valor normado (10 mg/m³N) para ambas estaciones.

- Ciclo diario CO

A continuación se presenta la Figura CA-51, que muestra los ciclos diarios de las concentraciones de CO para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-51: Ciclo Diario CO – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



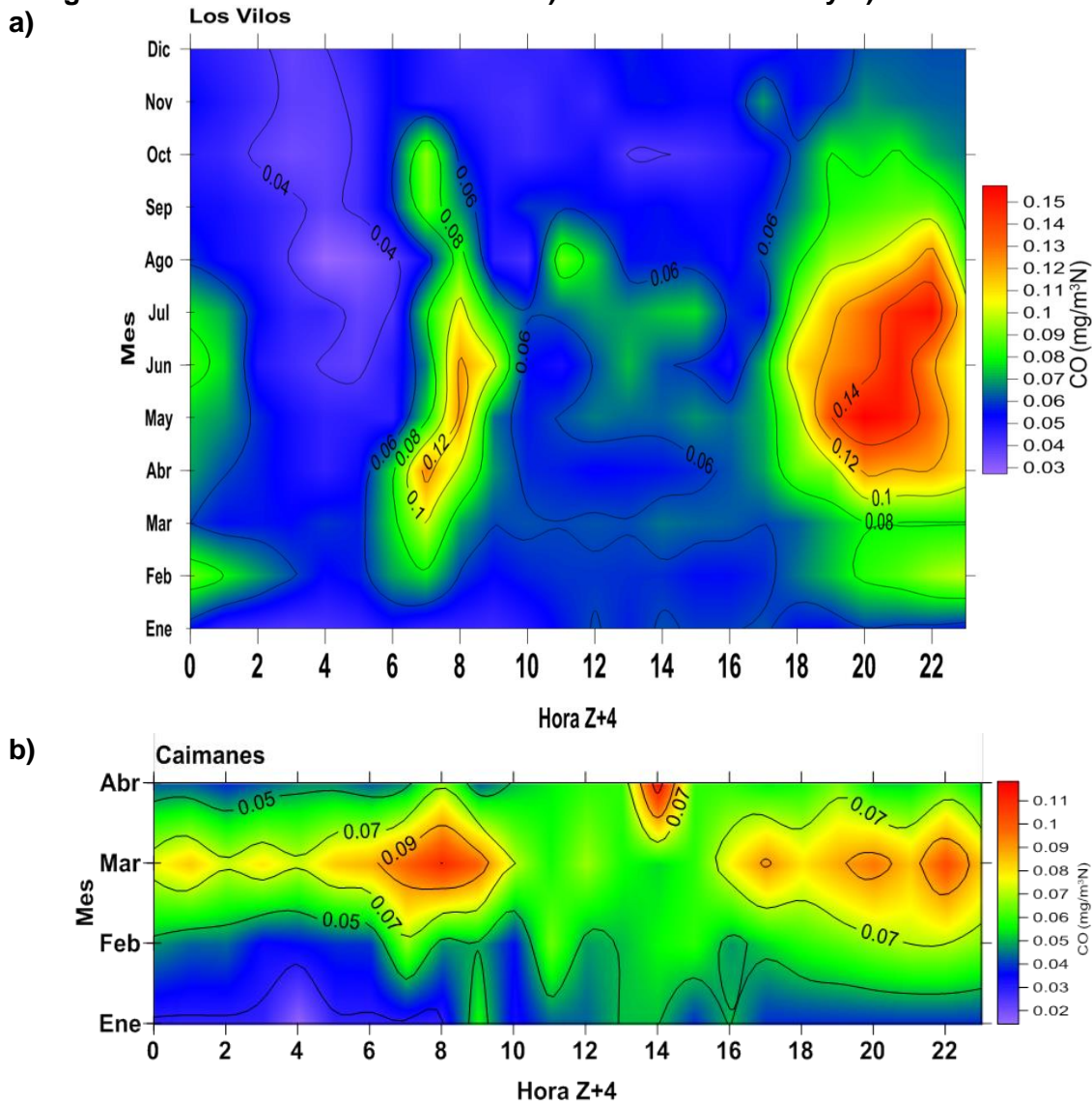
Según los gráficos exhibidos en la Figura CA-51, se establece en general en la estación Los Vilos, la existencia de un promedio alrededor de los 0,05 mg/m³N, se observa baja variabilidad de concentraciones entre las 10:00 y 17:00 horas y un incremento durante el día entre 17:00 y 22:00 horas. En la estación Caimanes se establece la existencia de un promedio diario marcado, alrededor de los 0,05 mg/m³N. Se observa baja variabilidad de

concentraciones durante la madrugada entre las 00:00 y 06:00 horas y un incremento durante el día entre 06:00 y 23:00 horas.

- Ciclo estacional CO

A continuación se presenta la Figura CA-52, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de SO₂ para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-52: Ciclo Estacional CO – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-52, se establece que en la estación Los Vilos las mayores concentraciones se presentaron de abril a agosto, alrededor de las 20:00 y 22:00 horas. En la estación Caimanes las mayores concentraciones se presentaron en el mes de marzo, alrededor de las 08:00 horas y alrededor de las 14:00 horas con valores alrededor de 0,11 mg/m³N.

- Ozono (O_3)

De acuerdo a lo señalado en la sección de metodología 1.1.3.3.1, la estación Tranque Mauro, está presente en ambos dominios de modelación, tanto el asociado al Área El Chacay como al asociado al Área Punta Chungo-Pupío, de manera que ya fue analizada su información en la sección 1.1.3.5.2 y no se volverá incluir en el Área Punta Chungo-Pupío.

En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de ozono O_3 , para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

- Norma Primaria para Ozono

A continuación, en la Figura CA-53 se muestran los gráficos correspondientes los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas respecto a norma registrados en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-53: Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Máximos diarios de concentraciones de 8 horas, respecto de Norma Primaria para Ozono: a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



En la Tabla CA-45 que se presenta a continuación, se entrega la comparación normativa para el percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas de Ozono obtenido para el periodo analizado.

Tabla CA-45: Cumplimiento Norma Primaria de Ozono, Percentil 99 de 8 horas (promedio móvil)

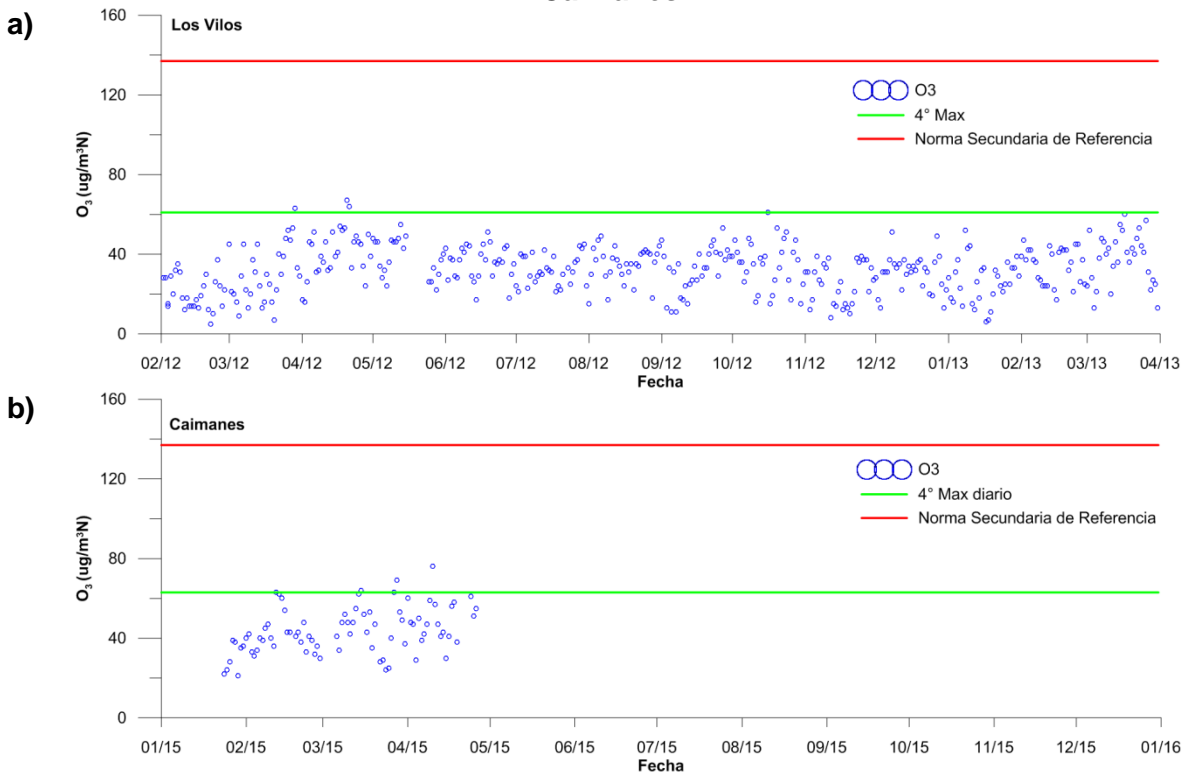
Estación	Periodo	Estadístico	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Norma [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	P99 8 horas	61	120	51%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	P99 8 horas	69	120	58%

Según lo indicado en la Figura CA-53 y la Tabla CA-45, los valores medidos a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida dentro del periodo analizado, correspondiendo el percentil 99 de 8 horas de las concentraciones de Ozono a 61 y 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ equivalentes a un 51 y 58% del valor normado (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), en las estaciones Los Vilos y Caimanes, respectivamente.

- Normativa secundaria de referencia para ozono

En la Figura CA-54 a continuación, se muestran las máximas concentraciones diarias de los promedios de 8 horas de Ozono, obtenidas en las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-54: 4° Máximo diario de concentraciones de 8 horas de O_3 (promedio móvil), con respecto de la norma secundaria de referencia. a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



A continuación, en la Tabla CA-46, se entregan el 4° valor máximo diario de las concentraciones promedio de 8 horas de Ozono obtenido para los periodos analizados:

Tabla CA-46: Cumplimiento Norma Secundaria de referencia para Ozono (150 ug/m³N)

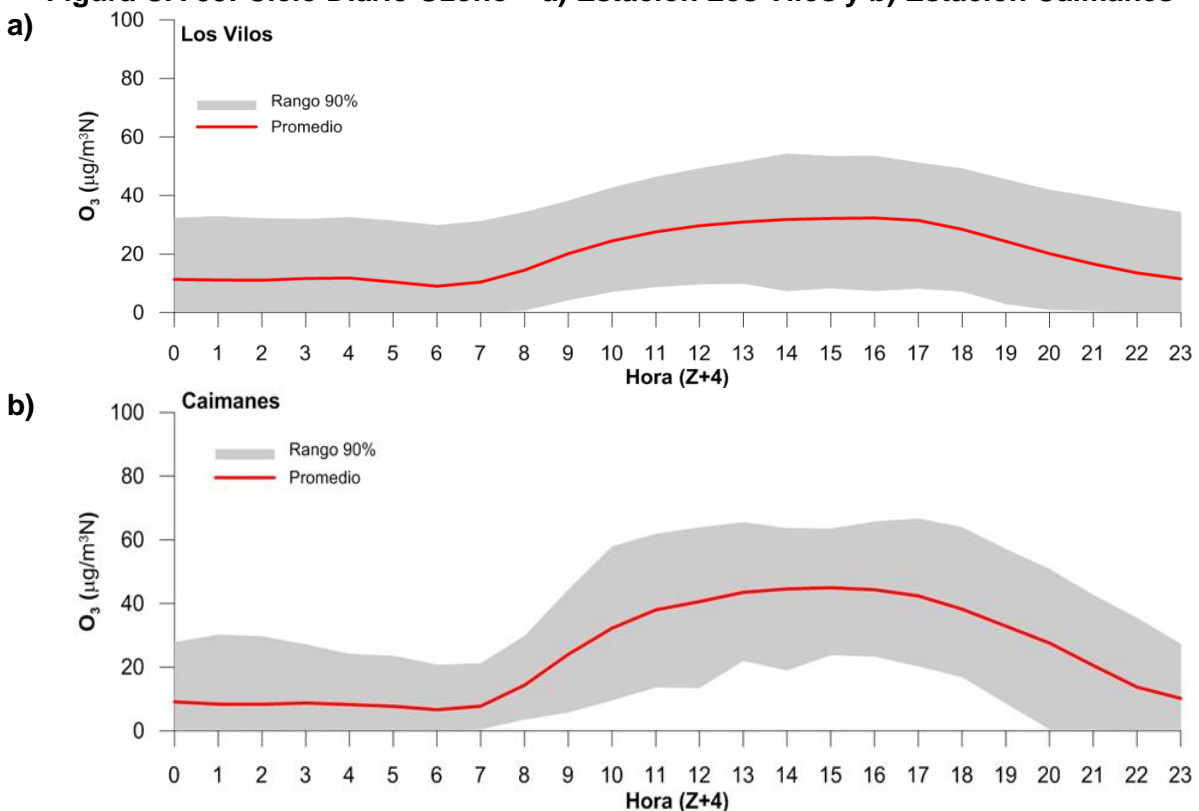
Estación	Periodo	4° valor Max	Norma 8 h [ug/m ³ N]	% respecto Norma
Los Vilos	(01/02/2012 – 31/03/2013)	61	137	45%
Caimanes	(24/01/2015 – 26/04/2015)	63	137	46%

A partir de lo indicado en la Figura CA-54 y Tabla CA-46, los valores medidos durante el periodo analizado a modo referencial se encuentran bajo la norma establecida, correspondiendo el promedio de las concentraciones de Ozono a un 45 y 46% del valor normado (137 ug/m³N), en las estaciones Los Vilos y Caimanes, respectivamente.

- Ciclo diario Ozono

A continuación se presenta la Figura CA-55, que muestra el ciclo diario de las concentraciones de ozono para las estaciones Los Vilos y Caimanes, durante el periodo analizado.

Figura CA-55: Ciclo Diario Ozono – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



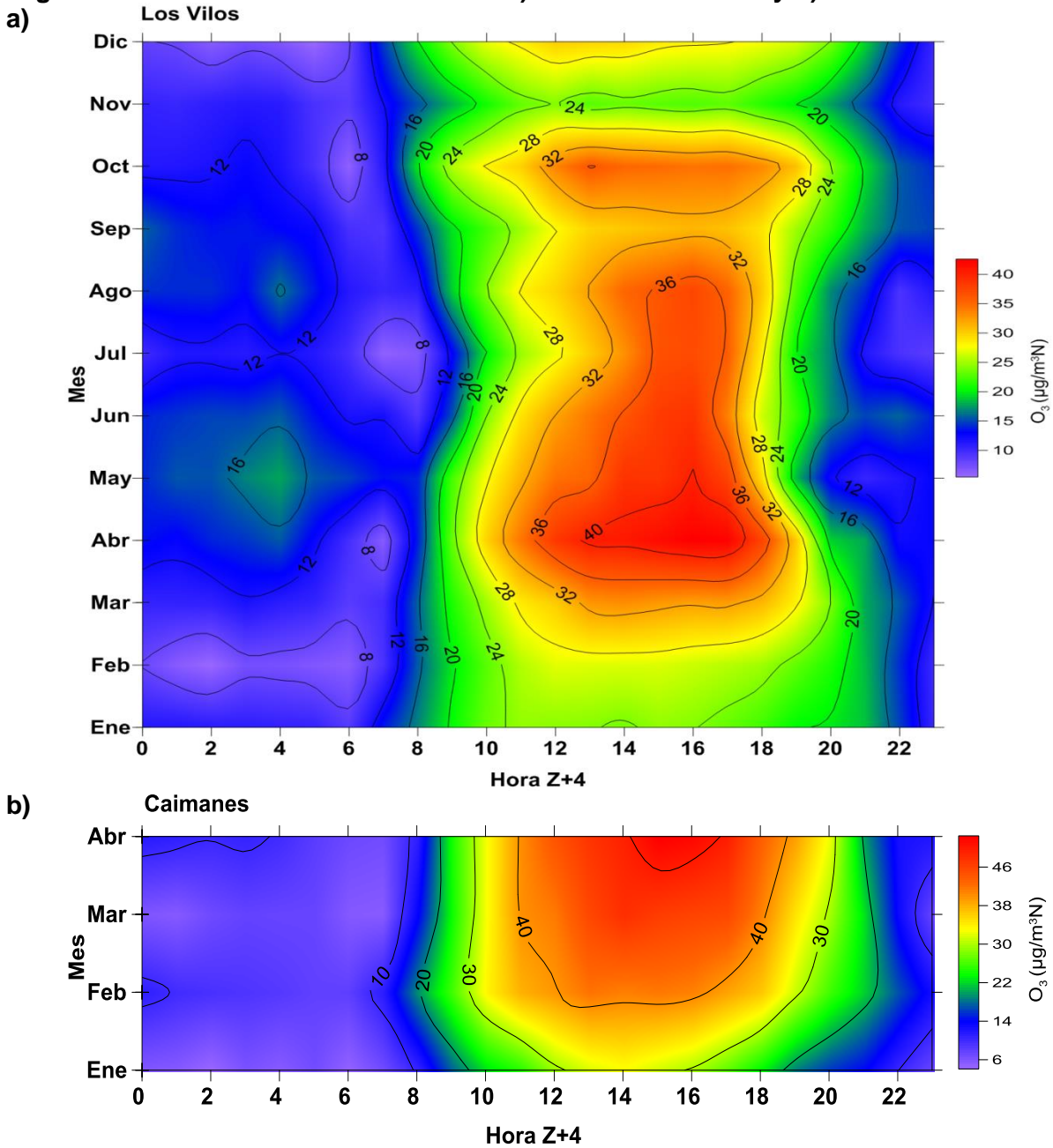
Según los gráficos exhibidos en la Figura CA-55, entre 00:00 y 07:00 horas se aprecia un promedio alrededor de los 10 ug/m³N, a partir de las 07:00 horas se incrementan las concentraciones promedio, hasta alcanzar alrededor de 30 ug/m³N en la estación Los Vilos y 40 ug/m³N en la estación Caimanes, los valores que se mantiene entre 13:00 y 17:00 horas. A partir de las 17:00 horas se observa una baja de las concentraciones promedios hasta las

23:00 horas que se estabiliza en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ durante la noche. Lo anterior se explica por el ciclo fotoquímico del ozono que requiere de la radiación solar para su generación.

- Ciclo estacional Ozono

A continuación se presenta la Figura CA-56, que muestra el ciclo estacional de las concentraciones de ozono para las estaciones Los Vilos y Caimanes.

Figura CA-56: Ciclo Estacional Ozono – a) Estación Los Vilos y b) Estación Caimanes



Según el gráfico mostrado en la Figura CA-56, se establece que en la estación Los Vilos las mayores concentraciones se presentaron en los meses de marzo a agosto entre las 12:00 y 18:00 horas, alcanzando valores cercanos a los 40 ug/m³N, con concentraciones mínimas entre las 22:00 y 08:00 horas con valores cercanos a los 8 ug/m³N.

En la estación Caimanes las mayores concentraciones se presentaron en los meses de febrero y marzo entre las 12:00 y 18:00 horas, alcanzando valores cercanos a los 46 ug/m³N, con concentraciones mínimas entre las 22:00 y 08:00 horas con valores cercanos a los 6 ug/m³N.

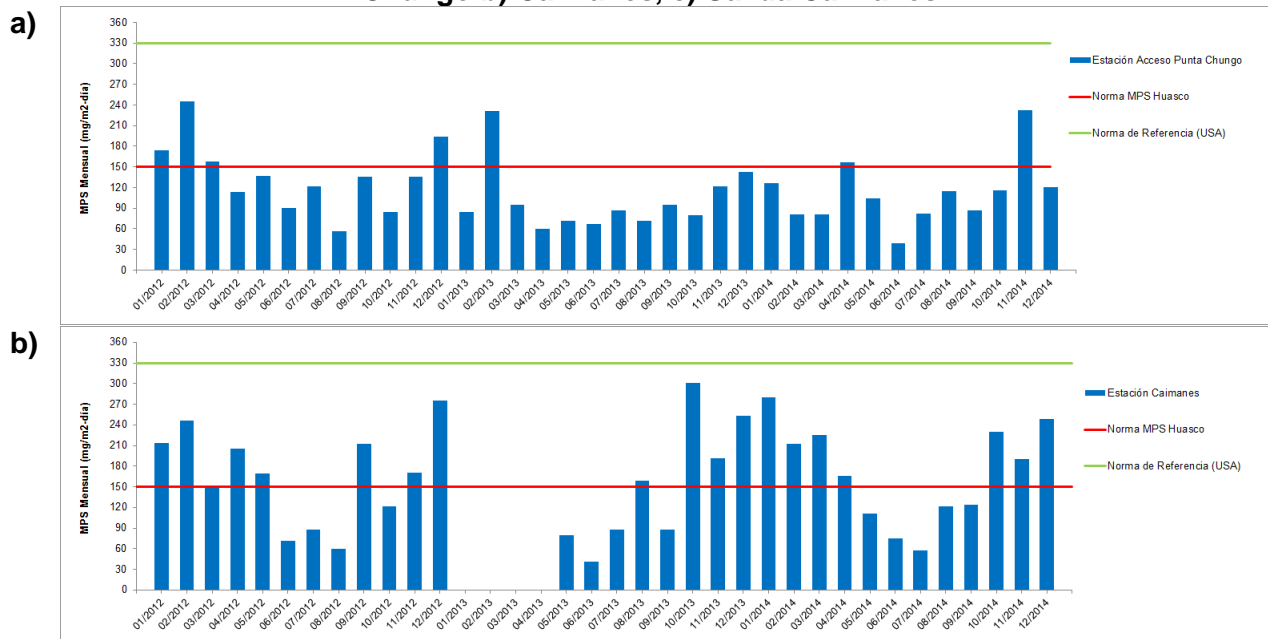
- *Material Particulado Sedimentable (MPS)*

En la siguiente sección se presentan los resultados del desarrollo de los monitoreos de material particulado sedimentable (MPS), para las estaciones Acceso Punta Chungo, Caimanes y Salida Caimanes.

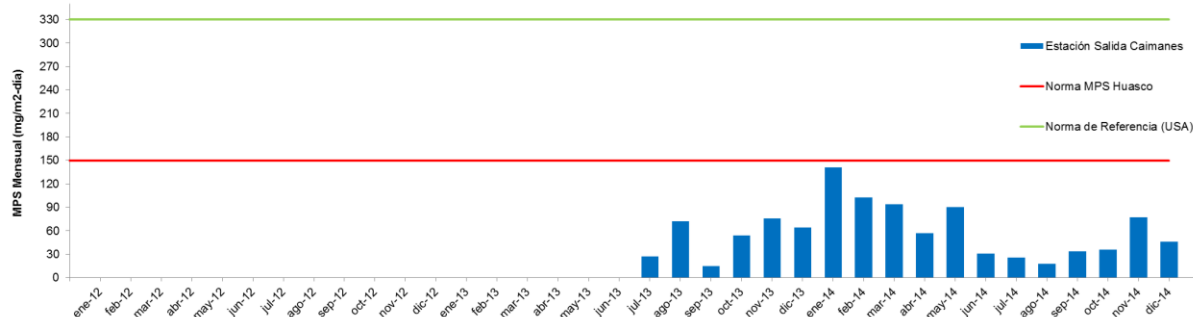
Cabe señalar que la norma con la cual se compararon los valores monitoreados, corresponde a la normativa secundaria de MPS para la zona de Huasco y la normativa de referencia del Estado de Montana (USA), por lo que sólo se realiza un análisis referencial de dicho parámetro.

A continuación, en la Figura CA-57 se presentan las concentraciones discretas de MPS medidas en forma mensual durante el periodo comprendido entre los años 2012 y 2014, en relación a la normativa de referencia de Huasco (línea roja), y la normativa de referencia Estado de Montana USA (línea verde), para las estaciones mencionadas anteriormente.

Figura CA-57: Concentraciones mensuales de MPS: Estaciones; a) Acceso Punta Chungo b) Caimanes, c) Salida Caimanes



c)



Cabe señalar, que los registros de las depositaciones de los primeros cuatro meses del año 2013 de la estación Caimanes, fueron aislados del análisis, ya que fueron determinados en condiciones en las cuales se desarrollaban trabajos del alcantarillado.

En la Tabla CA-47 que se presenta a continuación, se entrega la comparación normativa para el promedio mensual de MPS obtenido para el periodo analizado:

**Tabla CA-47: Cumplimiento Norma Secundaria de MPS (Promedio Mensual)
Periodo 2012 – 2014**

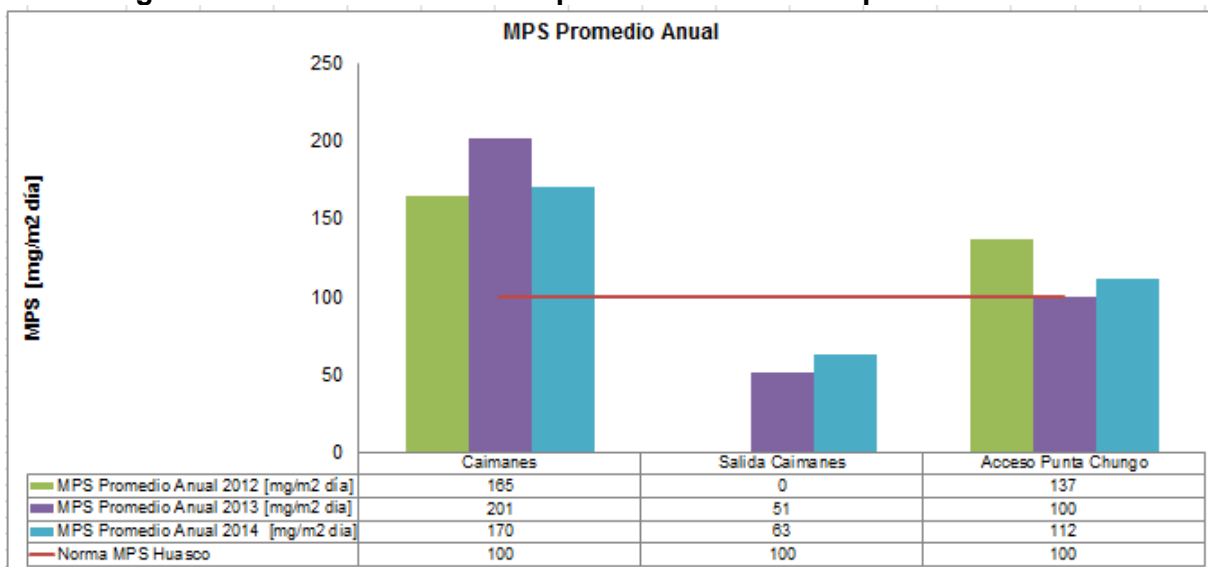
Estación	Máximo mensual [mg/m ² -día]	Norma Secundaria Cuenca río Huasco [mg/m ² -día]	% respecto Norma Cuenca río Huasco	Norma [mg/m ² -día]	% respecto Norma USA
Salida Caimanes	141	150	94%	333	43%
Caimanes	301	150	201%	333	90%
Acceso Punta Chungo	245	150	163%	333	74%

Según lo presentado en la Figura CA-57 y Tabla CA-47, los promedios máximos mensuales considerados para cada una de las estaciones evaluadas, superan la norma de Huasco en 2 de las 3 estaciones analizadas, con un 201% en la estación Caimanes y un 163% en la estación Acceso Punta Chungo. Respecto de la norma del Estado de Montana USA, las tres estaciones evaluadas se encuentran bajo el 90% de la norma de referencia.

- Promedios anuales en las estaciones

A continuación, en la Figura CA-58, se presentan las concentraciones promedio anual de MPS, para el periodo comprendido durante los años 2012 a 2014, en todas las estaciones presentadas de monitoreo de MPS consideradas en relación a la normativa del Huasco (línea roja). Cabe señalar que debido al periodo de monitoreo de la estación Salida Caimanes, que corresponde a 6 meses, no se presenta su promedio anual, ya que no cumple con el criterio del 75% de los datos monitoreados.

Figura CA-58: Concentraciones promedio de MPS del periodo 2012-2014



El comportamiento de la variable medida muestra ser dispar entre estaciones a lo largo del periodo 2012 a 2014. En el caso de las estaciones Caimanes y Acceso Punta Chungo, se observa que la norma de referencia es superada en todo el periodo analizado (2012 – 2014). En el caso de la estación Salida Caimanes, esta no sobrepasa el límite establecido en el periodo presentado, que a diferencia de las otras estaciones comprende el periodo 2013 – 2014.

3.1.6. Evolución sin considerar la ejecución del Proyecto

Cabe señalar que el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, RSEIA, en su artículo 18, letra e) establece que si es procedente, se deberán considerar los atributos relevantes del área de influencia del Proyecto y su posible evolución en el tiempo, sin considerar la ejecución del Proyecto.

En este sentido, tanto para el Área El Chacay como para el Área Punta Chungo Pupío, se realizó una búsqueda de los proyectos que se encuentran aprobados, cuyos aportes no se encuentran registrados por la línea base monitoreada, al no haber iniciado su fase de construcción u operación en el periodo 2012-2014, de modo de corregir la línea de base monitoreada con los aportes de dichos proyectos, para lo cual se definió la siguiente metodología:

- i) Primero se realizó una búsqueda de los proyectos que se encuentran aprobados, cuyos aportes no se encuentran registrados por la línea base monitoreada, al no haber iniciado su fase de construcción u operación en el periodo 2012-2014.
- ii) Luego se descartaron aquellos proyectos que, por la fecha de su RCA, no hayan cumplido con la acreditación de inicio de la ejecución del proyecto de acuerdo al ORD. N° 142034/2014 del SEA⁶.

⁶ Dicho oficio indica que los proyectos con RCA aprobada hace 5 años o más, al 26 de enero de 2015 debieron haber acreditado las gestiones, actos o faenas mínimas para acreditar el inicio de la ejecución del mismo, utilizando el mismo criterio para proyectos con RCA posterior al 26 de enero del 2010, caducando la RCA luego de transcurrido 5 años contados desde la notificación de la RCA

- iii) Luego, se realizó una revisión de las RCA's de los proyectos que contenían modelaciones dentro de los dominios de modelación utilizados para el presente Proyecto.
- iv) Finalmente, para los proyectos resultantes, se extrajo de los informes de modelación los aportes estimados para cada uno de los parámetros de calidad del aire y para cada estación presente en el dominio de modelación.

Resultado de i) se identificaron los siguientes 6 proyectos:

1. Proyecto Pachón Chile
2. Proyecto Eólico La Cachina
3. Planta Solar Fotovoltaica Caracas
4. Central Solar Fotovoltaica Illapel.
5. Plan Expansión Chile LT 2x500 kV - Cardones - Polpaico
6. Proyecto El Espino

Resultado de ii) se descarta Proyecto El Pachón, por tener una RCA de más de 5 años (RCA 63/1998), y no haber iniciado la fase de construcción ni presentado antecedentes ante el SEA para que su RCA no caduque.

Luego, resultado de iii), se descartan los siguientes proyectos: Eólico La Cachina, Planta Solar Caracas, Central Solar Illapel y LT Cardones-Polpaico, ya que presentaron sólo estimación de emisiones atmosféricas, no modelaciones. Por tanto, el único proyecto que incluye modelación de emisiones atmosféricas, es el Proyecto El Espino.

Sin embargo, al revisar su informe de modelación (iv)), debido a su localización geográfica, que se emplaza en las comunas de Canela e Illapel, los aportes modelados no coinciden con los receptores del Proyecto en evaluación.

Por lo tanto, se espera que en la línea base de calidad no habrán cambios, que no sean los asociados a su evolución natural, ya que no habrán aportes antropogénicos aprobados, no construidos ni operando, susceptibles de modificar la condición monitoreada.

3.1.7. Síntesis de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del aire en las estaciones consideradas dentro del área de influencia del Proyecto, que consideran tanto las estaciones de la red de MLP como las estaciones móviles donde se realizaron campañas de medición, es posible indicar lo siguiente:

- Área El Chacay

Respecto al material particulado respirable (MP_{10}), en las ocho (8) estaciones presentes en área de influencia tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

La condición más desfavorable y de mayor concentración, se registra en la estación Hotel Mina, emplazada al interior del área industrial de MLP, con valores que alcanzan un 75% de la norma primaria diaria, un 82% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en esta misma estación con un 81% de la norma diaria. Cabe señalar que la norma EPA no considera un límite anual para MP_{10} .

A continuación, en Tabla CA-48, se presenta el detalle de los estadísticos calculados para MP₁₀.

Tabla CA-48: Estadísticos para MP₁₀

Estación	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]		% respecto norma
			Valor registrado	Norma	
El Mauro	Primaria	24 horas*	44	150	29%
		Tri-Anual	20	50	40%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	42	150	28%
Camisas	Primaria	24 horas*	56	150	37%
		Tri-Anual	26	50	52%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	54	150	36%
Quelén	Primaria	24 horas*	60	150	40%
		Tri-Anual	34	50	68%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	67	150	45%
Coirón	Primaria	24 horas*	52	150	35%
		Tri-Anual	27	50	53%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	49	150	33%
Tranquilla	Primaria	24 horas*	59	150	39%
		Tri-Anual	29	50	58%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	57	150	38%
Cuncumén	Primaria	24 horas*	44	150	29%
		Tri-Anual	20	50	40%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	41	150	27%
Chacay	Primaria	24 horas*	65	150	43%
		Tri-Anual	31	50	62%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	59	150	39%
Hotel Mina	Primaria	24 horas*	113	150	75%
		Tri-Anual	41	50	82%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	122	150	81%

* Se consideró el mayor valor para comparar con la normativa.

Respecto al material particulado respirable (MP_{2.5}), en las ocho (8) estaciones presentes en área de influencia tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

La peor condición se registra en la estación Quelén, ubicada en un terreno contiguo a la escuela de la localidad de Quelén Alto, con valores que alcanzan un 54% de la norma primaria diaria y un 50% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en esta misma estación con un 63% de la norma diaria y un 67% de la norma anual.

A continuación, en Tabla CA-49, se presenta el detalle de los estadísticos calculados para MP_{2.5}.

Tabla CA-49: Estadísticos para MP_{2,5}

Estación	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		% respecto norma
			Valor registrado	Norma	
El Mauro	Primaria	24 horas*	15	50	30%
		Anual	7	20	35%
	Secundaria de referencia	24 horas	14	35	40%
		Anual	7	15	47%
Camisas	Primaria	24 horas*	17	50	34%
		Anual	9	20	45%
	Secundaria de referencia	24 horas	16	35	46%
		Anual	9	15	60%
Quelén	Primaria	24 horas*	27	50	54%
		Anual	10	20	50%
	Secundaria de referencia	24 horas	22	35	63%
		Anual	10	15	67%
Coirón	Primaria	24 horas*	21	50	42%
		Anual	9	20	45%
	Secundaria de referencia	24 horas	19	35	54%
		Anual	9	15	60%
Tranquilla	Primaria	24 horas*	18	50	36%
		Anual	8	20	40%
	Secundaria de referencia	24 horas	17	35	49%
		Anual	8	15	53%
Cuncumén	Primaria	24 horas*	17	50	34%
		Anual	7	20	35%
	Secundaria de referencia	24 horas	15	35	43%
		Anual	7	15	47%
Chacay	Primaria	24 horas*	17	50	34%
		Anual	7	20	35%
	Secundaria de referencia	24 horas	15	35	43%
		Anual	7	15	47%
Hotel Mina	Primaria	24 horas*	20	50	40%
		Anual	7	20	35%
	Secundaria de referencia	24 horas	17	35	49%
		Anual	7	15	47%

* Se consideró el mayor valor para comparar con la normativa.

Para las mediciones registradas de NO₂, en todas las estaciones se cumple con la norma horaria y anual vigente para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-50 a continuación.

Tabla CA-50: Estadísticos para NO₂

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)			% respecto norma
			Estadístico	Valor	Norma	
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	Primaria	Horario	23	400	6%
			Anual	1	100	1%
		Secundaria de referencia	Anual	1	100	1%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	Primaria	Horario	44	400	11%
			Anual	4	100	4%

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)			
			Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	Primaria	Horario	49	400	12%
			Anual	7	100	7%
		Secundaria de referencia	Anual	7	100	7%
			Anual	14	100	14%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	Primaria	Horario	72	400	18%
			Anual	14	100	14%
		Secundaria de referencia	Anual	14	100	14%

Para las mediciones registradas de SO_2 , en todas las estaciones se cumple con la norma primaria horaria y anual vigente para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-51, a continuación. También, se cumple con la norma secundaria anual, diaria y horaria, en todas las estaciones, como se aprecia en la misma Tabla CA-51.

Tabla CA-51: Estadísticos para SO_2

Tipo de Norma	Estación	Periodo de Datos	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)			
			Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
SO_2 Norma Primaria	Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	24 horas	1	250	0%
			Anual	0	80	0%
	Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	24 horas	3	250	1%
			Anual	1	80	1%
	Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	24 horas	5	250	2%
			Anual	1	80	1%
	Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	24 horas	9	250	4%
			Anual	2	80	3%
SO_2 Norma Secundaria	Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	P99,7 diario	2	365	1%
			P99,73 horario	2	1000	0%
	Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	P99,7 diario	3	365	1%
			P99,73 horario	5	1000	1%
	Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	P99,7 diario	8	365	2%
			P99,73 horario	13	1000	1%
	Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	P99,7 diario	13	365	4%
			P99,73 horario	26	1000	3%

Para las mediciones registradas de CO , en todas las estaciones se cumple con la norma primaria horaria y móvil de 8 horas para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-52 a continuación.

Tabla CA-52: Estadísticos para CO

Estación	Periodo de Datos	Concentración ($\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$)			
		Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	Horario	0	30	0%
		8 horas*	0	10	0%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	Horario	3	30	10%
		8 horas*	3	10	30%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	Horario	3	30	10%

Estación	Periodo de Datos	Concentración (mg/m ³ N)			
		Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
		8 horas*	2	10	20%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	Horario	1	30	3%
		8 horas*	1	10	10%

(*) Promedio móvil

Para las mediciones registradas de O₃ en las estaciones, los valores monitoreados en todas las estaciones se encuentran bajo los límites de las normas primarias y secundarias para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-53 a continuación.

Tabla CA-53: Estadísticos para O₃

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración (µg/m ³ N)		
				Valor	Norma	% respecto norma
Tranque Mauro	(01/05/2015 – 31/07/2015)	Primaria	P99 8 Horas*	47	120	39%
		Secundaria de referencia	4° Max diario*	42	137	31%
Cuncumén	(03/12/2014 – 22/01/2015)	Primaria	P99 8 Horas*	74	120	62%
		Secundaria de referencia	4° Max diario*	55	137	40%
Chacay	(06/09/2014 – 22/01/2015)	Primaria	P99 8 Horas*	69	120	58%
		Secundaria de referencia	4° Max diario *	66	137	48%
Hotel Mina	(11/09/2014 – 30/11/2014)	Primaria	P99 8 Horas*	52	120	43%
		Secundaria de referencia	4° Max diario*	51	137	37%

(*) Promedio móvil de 8 horas

En el caso del MPS, las 3 estaciones de medición que se localizan en el área de influencia, registran valores bajo el límite mensual y anual definido por la norma de referencia, correspondiente a la del valle del Huasco.

A continuación, en Tabla CA-54, se presenta el detalle de la evaluación normativa de referencia, para el MPS.

Tabla CA-54: Estadísticos para MPS Deposición [mg/m²-día]
Norma de referencia del Huasco

Período	Estación	Estadístico	Valor registrado	Norma	% respecto norma
2012	Cuncumén	Mensual*	92	150	61%
		Anual	47	100	47%
	Restauración	Mensual*	70	150	47%
		Anual	34	100	34%
	DGA	Mensual*	86	150	57%
		Anual	38	100	38%
2013	Cuncumén	Mensual*	92	150	61%
		Anual	33	100	33%

Período	Estación	Estadístico	Valor registrado	Norma	% respecto norma
2014	Restauración	Mensual*	70	150	47%
		Anual	27	100	27%
	DGA	Mensual*	86	150	57%
		Anual	31	100	31%
	Cuncumén	Mensual*	92	150	61%
		Anual	50	100	50%
Restauración	Mensual*	70	150	47%	
	Anual	37	100	37%	
DGA	Mensual*	86	150	57%	
	Anual	43	100	43%	

* Se consideró el mayor promedio mensual de todo el periodo analizado, para verificar el cumplimiento de normativa.

Respecto a la normativa de referencia del Estado de Montana USA, para el material particulado sedimentable (MPS) promedio mensual, las 3 estaciones analizadas, se encuentran bajo los valores referenciales, comportamiento que se mantiene durante todo el periodo 2012-2014. Los mayores valores se registraron en la estación Caimanes con un 28% promedio mensual.

A continuación, en Tabla CA-55, se presenta el detalle de la evaluación normativa de referencia, para el MPS.

Tabla CA-55: Estadísticos para MPS Deposición [mg/m²-día]. Norma de referencia de Montana (USA)

Período	Estación	Estadístico	Valor registrado	Norma de Montana	% respecto norma
2012	Cuncumén	Mensual*	92	333	28%
	Restauración	Mensual*	70	333	21%
	DGA	Mensual*	86	333	26%
2013	Cuncumén	Mensual*	92	333	28%
	Restauración	Mensual*	70	333	21%
	DGA	Mensual*	86	333	26%
2014	Cuncumén	Mensual*	92	333	28%
	Restauración	Mensual*	70	333	21%
	DGA	Mensual*	86	333	26%

* Se consideró el mayor promedio mensual de cada año analizado para verificar el cumplimiento de normativa.

- Área Punta Chungo-Pupío

Respecto al material particulado respirable (MP₁₀), en las dos (2) estaciones analizadas, Caimanes y Punta Chungo, tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

La peor condición en cuanto a la norma primaria diaria se registra en la estación Caimanes durante el año 2013, con un 55% de la norma (150 µg/m³N). Respecto de la norma anual ambas estaciones alcanzan un 68% de la norma primaria anual.

Finalmente respecto de la norma secundaria de referencia EPA, la condición más desfavorable se registra en la estación Caimanes con un 49% de la norma diaria.

A continuación, en Tabla CA-55, se presenta el detalle de los estadísticos calculados para MP₁₀:

Tabla CA-56: Estadísticos para MP₁₀

Estación	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]		% respecto norma
			Valor registrado	Norma	
Punta Chungo	Primaria	P98 diario*	69	150	46%
		Tri-Anual	34	50	68%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	65	150	43%
Caimanes	Primaria	P98 diario *	82	150	55%
		Tri-Anual	34	50	68%
	Secundaria de referencia	2° Máximo	74	150	49%

* Se consideró el mayor valor para verificar el cumplimiento de normativa.

Respecto al material particulado respirable (MP_{2.5}), en las dos (2) estaciones analizadas, Caimanes y Punta Chungo, tanto los valores de concentración diaria como anual están bajo la normativa primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA.

La condición más desfavorable se registra en la estación Punta Chungo, ubicada al interior de las dependencias del puerto de Punta Chungo. Los valores alcanzan un 52% de la norma primaria diaria y un 45% de la norma primaria anual. Respecto de la norma secundaria de referencia EPA se obtiene un 69% de la norma diaria y un 73% de la norma anual.

A continuación, en Tabla CA-57, se presenta el detalle de los estadísticos calculados para MP_{2.5}:

Tabla CA-57: Estadísticos para MP_{2.5}

Estación	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		% respecto norma
			Valor registrado	Norma	
Punta Chungo	Primaria	P98 diario*	26	50	52%
		Anual	11	20	55%
	Secundaria de referencia	P98 diario	24	35	69%
		Anual	11	15	73%
Caimanes	Primaria	P98 diario*	20	50	40%
		Anual	10	20	50%
	Secundaria de referencia	P98 diario	19	35	54%
		Anual	10	15	67%

* Se consideró el mayor valor para verificar el cumplimiento de normativa.

Para las mediciones registradas de NO₂ en la estación Los Vilos y Caimanes, se cumple la norma horaria y anual vigente para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-58 a continuación.

Tabla CA-58: Estadísticos para NO₂

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Concentración (µg/m ³ N)			
			Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
Los Vilos	1 febrero 2012 al 31 marzo 2013	Primaria	P99 diario	40	400	10%
			Promedio Anual	7	100	7%
		Secundaria de referencia	Promedio Anual	7	100	7%
Caimanes	23 enero 2015 al 30 abril 2015	Primaria	P99 diario	54	400	14%
			Promedio	4	100	4%
		Secundaria de referencia	Promedio	4	100	4%

Para las mediciones registradas de SO₂ en la estación Los Vilos y Caimanes, se cumple la norma primaria; horaria y anual vigente para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-59 a continuación. Además de verificar el cumplimiento de la norma secundaria anual, diaria y horaria, en estas estaciones, como se aprecia en la misma Tabla CA-60:

Tabla CA-59: Estadísticos para SO₂

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Concentración (µg/m ³ N)			
			Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
Los Vilos	1 febrero 2012 al 31 marzo 2013	SO ₂ Norma Primaria	P99 diario	5	250	2%
			Promedio Anual	1	80	1%
		SO ₂ Norma Secundaria	Promedio Anual	1	80	1%
			P99,7 diario	10	365	3%
Caimanes	23 enero 2015 al 30 abril 2015	SO ₂ Norma Primaria	P99 diario	1	250	0%
			Promedio	1	80	1%
		SO ₂ Norma Secundaria	Promedio	1	80	1%
			P99,7 diario	2	365	1%
			P99,73 horario	3	1000	0%

Para las mediciones registradas de CO en la estación Los Vilos y Caimanes, se cumple la norma primaria; horaria y móvil de 8 horas para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-60 a continuación:

Tabla CA-60: Estadísticos para CO

Estación	Periodo de Datos	Parámetro	Concentración (mg/m ³ N)			
			Estadístico	Valor	Norma	% respecto norma
Los Vilos	1 febrero 2012 al 31 marzo 2013	CO	Horario	1	30	3%
			8 horas	0	10	0%
Caimanes	23 enero 2015 al 30 abril 2015	CO	Horario	1	30	3%
			8 horas	0	10	0%

(*) Promedio móvil

Para las mediciones registradas de O₃ en la estación Los Vilos y Caimanes, los valores monitoreados se encuentran bajo la norma primaria nacional y secundaria de referencia internacional EPA para este parámetro, como se muestra en la Tabla CA-61 a continuación:

Tabla CA-61: Estadísticos para O₃

Estación	Periodo de Datos	Tipo de Norma	Estadístico	Concentración (µg/m ³ N)		
				Valor	Norma	% respecto norma
Los Vilos	1 febrero 2012 al 31 marzo 2013	Primaria	P99 8 Horas*	61	120	51%
		Secundaria de referencia	4° Max diario*	61	137	45%
Caimanes	23 enero 2015 al 30 abril 2015	Primaria	P99 8 Horas*	69	120	58%
		Secundaria de referencia	4° Max diario*	63	137	46%

(*) Promedio móvil de 8 horas

Respecto al material particulado sedimentable (MPS), de las 3 estaciones analizadas, las estaciones Acceso Punta Chungo y Caimanes se encuentran sobre los valores referenciales del valle del Huasco, mientras que la estación Salida a Caimanes está bajo los límites normativos de referencia, comportamiento que se mantiene por el periodo 2012-2014. A continuación, en Tabla CA-62, se presenta el detalle de la evaluación normativa de referencia, para el MPS:

**Tabla CA-62: Estadísticos para MPS Deposición [mg/m²-día]
 Norma de referencia de Cuenca del río Huasco**

Periodo de Datos	Estación	Estadístico	Valor registrado	Norma Cuenca río Huasco	% respecto norma
2012	Acceso Punta Chungo	Mensual*	245	150	163%
		Anual	137	100	137%
	Caimanes	Mensual*	275	150	183%
		Anual	165	100	165%
	Salida Caimanes	Mensual*	--	150	--
		Anual	--	100	--
2013	Acceso Punta Chungo	Mensual*	231	150	154%
		Anual	100	100	100%
	Caimanes	Mensual*	301	150	201%
		Anual	201	100	201%
	Salida Caimanes	Mensual*	76	150	51%
		Anual	51	100	51%
2014	Acceso Punta Chungo	Mensual*	232	150	155%
		Anual	112	100	112%
	Caimanes	Mensual*	280	150	187%
		Anual	170	100	170%
	Salida Caimanes	Mensual*	141	150	94%
		Anual	63	100	63%

* Se consideró el mayor promedio mensual del periodo de cada año analizado, para verificar el cumplimiento de normativa.

Respecto a la normativa de referencia del Estado de Montana USA, para el material particulado sedimentable (MPS) promedio mensual, las 3 estaciones analizadas se encuentran por debajo de la normativa de referencia en todo el periodo evaluado. Para mayor detalle se presenta a continuación en la Tabla CA-63, los valores observados.

**Tabla CA-63: Estadísticos para MPS Deposición [mg/m²-día]
Norma de referencia de Montana (USA)**

Periodo de Datos	Estación	Estadístico	Valor registrado	Norma de Montana	% respecto norma
2012	Acceso Punta Chungo	Mensual*	245	333	74%
	Caimanes	Mensual*	275	333	83%
	Salida Caimanes	Mensual*	--	333	--
2013	Acceso Punta Chungo	Mensual*	231	333	69%
	Caimanes	Mensual*	301	333	90%
	Salida Caimanes	Mensual*	76	333	23%
2014	Acceso Punta Chungo	Mensual*	232	333	70%
	Caimanes	Mensual*	280	333	84%
	Salida Caimanes	Mensual*	141	333	42%

* Se consideró el mayor promedio mensual del periodo de cada año analizado, para verificar el cumplimiento de normativa.

3.2. Atmósfera: Ruido

RESUMEN

Este acápite describe la línea de base de niveles de ruido del Proyecto, donde se caracterizan y cuantifican los Niveles de Presión Sonora (NPS) a los que se encuentran expuestos actualmente los potenciales receptores más cercanos y representativos del área de influencia del Proyecto.

Para la determinación del área de influencia del Proyecto para el componente niveles de ruido, se tuvieron presentes los siguientes criterios:

- Modelación de la propagación de las emisiones sonoras de las diferentes actividades del Proyecto,
- Presencia de receptores sensibles y
- Normativa aplicable y niveles de referencia.

De esta forma, el área de influencia del Proyecto cubre una superficie de 7.514 ha e incorpora la normativa aplicable para seres humanos, el nivel de referencia para animales silvestres y el de la actividad de tronaduras. Específicamente, corresponde al área mayor de las áreas comprendidas dentro de la isóneas de 55 dB(A) para el Área El Chacay y 44 dB(A) para el Área Punta Chungo – Pupío, obtenidas a partir de los resultados de la modelación de la propagación de las emisiones sonoras bajo los diferentes escenarios considerados (más detalles en Anexo EI-2 del capítulo 4 de este EIA), de la isónea de 115 dB(L), que constituye el umbral para la actividad de tronaduras (cuando corresponde), y de la isónea de 85 dB(L), obtenida a partir de los resultados de la estimación de la propagación de las emisiones sonoras para fauna.

El establecimiento de la línea de base de ruido del Proyecto, se ha realizado mediante la campaña de medición de niveles de presión sonora ejecutada en octubre de 2015 y cuyo informe asociado se adjunta en el Anexo RU-1. Cabe indicar que en las RCA's N° 71/1997 y N° 38/2004 se aprueba el plan de seguimiento de niveles de ruido de MLP, el cual incluye alguno de los receptores de la campaña de medición realizada para este EIA.

De los resultados obtenidos, se indica que en periodo diurno los valores de NPS_{eq} fluctúan entre 45 y 61 dB(A) en Área El Chacay, mientras que en el Área Punta Chungo – Pupío los valores de NPS_{eq} fluctúan entre 40 y 59 dB(A). En periodo nocturno, los valores de NPS_{eq} fluctúan entre 46 y 58 dB(A) en Área El Chacay, mientras que en el Área Punta Chungo – Pupío los valores de NPS_{eq} fluctúan entre 34 y 53 dB(A).

Las principales fuentes de niveles de presión sonora se deben al viento, la vegetación y la operación de MLP para el Área El Chacay y al tránsito vehicular, animales, actividades humanas más cercanas y viento para el Área Punta Chungo – Pupío.

3.2.1. **Objetivos**

El objetivo general es el establecimiento de la línea basal acústica, la que servirá de fundamento para establecer la evaluación ambiental de las actividades del Proyecto. Para esto, se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los receptores sensibles del área de influencia del Proyecto y

- Cuantificar los Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPS_{eq}), Niveles de Presión Sonora Máximo (NPS_{max}) y Niveles de Presión Sonora Mínimo (NPS_{min}) en los receptores

3.2.2. Área de influencia

3.2.2.1. Criterios generales

Para este componente, los criterios generales son los que se pueden extraer de los artículos 5° y 6° del RSEIA. En dicho contexto, la determinación del área de influencia del Proyecto se basa en que los potenciales impactos ambientales asociados a este componente ambiental no corresponden al aumento de los niveles de ruido *per se*, sino al aumento de ruido en aquellos lugares en que existen receptores. En consecuencia, los criterios considerados tienen que ver con los niveles de ruido ocasionados por el Proyecto y cómo éste se propaga, pero también con la localización de receptores y los niveles de ruido umbrales asociados.

Teniendo en consideración lo anteriormente señalado, para definir el área de influencia de ruido se tuvieron presentes los siguientes criterios:

- Criterio 1 - Propagación de las emisiones sonoras: La modelación del NPS emitidos por el Proyecto se realiza mediante una herramienta de ingeniería acústica (software), que predice la propagación de la emisión sonora del Proyecto en función del ambiente caracterizado en cada área.
- Criterio 2 - Presencia de receptores sensibles: Las normas y umbrales de referencia serán aplicables en la medida que existan receptores en dicho lugar, los cuales corresponderán a seres humanos y fauna sensible a ruido (en categoría de conservación) que habiten en las áreas donde se emplacen las obras/partes y actividades del Proyecto.
- Criterio 3 - Normativa aplicable y niveles de referencia: La normativa sobre ruido ambiental vigente considerada es el D.S. N° 38/2011 del MMA, el cual tiene por objetivo proteger la salud de la comunidad mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión generados por las fuentes emisoras de ruido que esta norma regula. Para las fuentes no indicadas en el D.S. N° 38/11, se deberán utilizar las normas de calidad ambiental o de emisión de referencia según lo que indica el artículo 11 del RSEIA.

3.2.2.2. Aplicación de criterios

A continuación, se describen cómo se han aplicado los criterios generales a este Proyecto.

- Criterio 1 - Propagación de las emisiones sonoras

El software utilizado para la modelación fue el Predictor – Lima, versión 9.11. Se realizaron modelaciones para la Fase de Construcción y de Operación del Proyecto bajo escenarios críticos de emisiones sonoras dados por la concentración de la totalidad de equipos y maquinarias en punto lo más cercano posible de cada receptor. El Anexo EI-2 del capítulo 4 de este EIA, contiene íntegramente el estudio de modelación realizado.

- Criterio 2 - Presencia de receptores sensibles

El Anexo RU-1 contiene la identificación de los receptores ubicados en torno al Proyecto, considerándose 3 receptores en el Área El Chacay y 43 receptores en el Área Punta Chungo – Pupío incluyéndose en esta última área a receptores de animales silvestres.

- Criterio 3 - Normativa aplicable y niveles de referencia

Las normativas aplicables y niveles de referencia considerados son los siguientes:

- Normativa para receptores humanos: De acuerdo a lo indicado en la línea de base de uso del territorio y conforme a la definición de zonas dada en el DS N° 38/2011, el uso de suelo considerado en los sectores de localización de los receptores del Proyecto, es determinado como Zona Rural. Para esta zona, se considera el umbral dado por el DS N° 38/2011, el cual, depende de los valores de ruido de fondo medidos en los receptores o del límite para Zona III.
- Normativa de referencia para animales silvestres: Como nivel de referencia en animales silvestres, se ha considerado un valor de 85 dB(L) según lo indicado en la “Guía de evaluación ambiental: Componente Fauna Silvestre” (G-PR-GA-03), del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), de 2012 (adjunta en el Anexo LB-2).
- Normativa de referencia para tronaduras: Como nivel de referencia para tronaduras, se toma un valor de 115 dB(L), de acuerdo a lo indicado en las bases técnicas del *Australian and New Zealand Environment Council, ANZEC*, recomendadas en el Informe Final para Evaluación de Ruido, Volumen 1, del estudio “Elaboración de una Guía Metodológica de Evaluación de Ruido y Vibraciones en el SEIA”⁷.

Estas consideraciones permitieron determinar un dominio de modelación, para luego y a partir de los resultados de las estimaciones de propagación de ruido de la fase de construcción y de operación, obtener un área más acotada espacialmente, lo que constituye el área de influencia de este componente. La definición de esta área consideró la mayor expresión de la misma, comprendida por las isóneas de 55 dB(A) para el Área El Chacay y 44 dB(A) para el Área Punta Chungo – Pupío, correspondientes a la normativa de receptores humanos y la isónea de 85 dB(L) correspondiente a la normativa de referencia para animales silvestres. Cabe indicar que la isónea de 115 dB(L), que constituye el nivel de referencia de tronaduras, también se abarca con el área definida.

Los valores de las isóneas de 55 dB(A) para el Área El Chacay y 44 dB(A) para el Área Punta Chungo – Pupío, fueron definidos teniendo en cuenta que las emisiones se desarrollan (para fase de operación) tanto en horario diurno como nocturno y que, de acuerdo a las mediciones de ruido en la situación sin Proyecto (en Anexo RU-1), equivalente al ruido de fondo, el nivel basal más bajo fue 45 dB(A) para el Área El Chacay y de 34 dB(A) para el Área Punta Chungo - Pupío, el umbral mínimo a cumplir en los receptores será 45 + 10 dB(A) para el Área El Chacay y 34 + 10 dB(A) para el Área Punta Chungo - Pupío.

De esta forma, el área de influencia del Proyecto cubre una superficie de 282 ha en el Área El Chacay y de 7.232 ha en el Área Punta Chungo - Pupío, y considera la normativa

⁷ Estudio elaborado por Ambiente Consultores Ltda., Mayo 2013, y difundido en el taller realizado el miércoles 5 de junio de 2013 y el jueves 6 de junio de 2013 en dependencias del Servicio de Evaluación Ambiental.

aplicable para seres humanos, además del nivel de referencia para animales silvestres y para la actividad de tronaduras. A continuación se presentan las figuras que muestran el área de influencia en ambos sectores

Figura RU-1: Área de influencia. Componente ruido. Área El Chacay

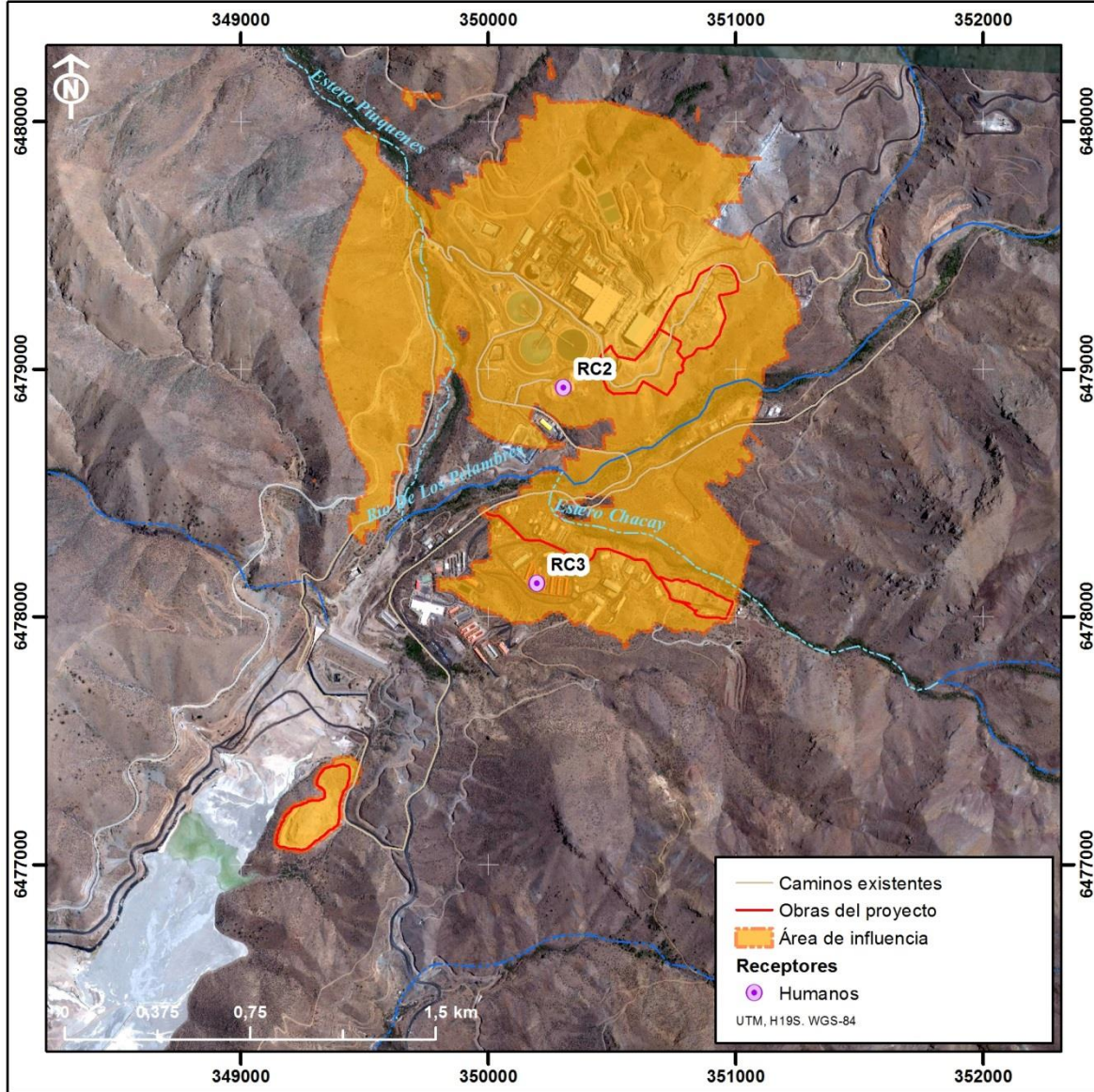
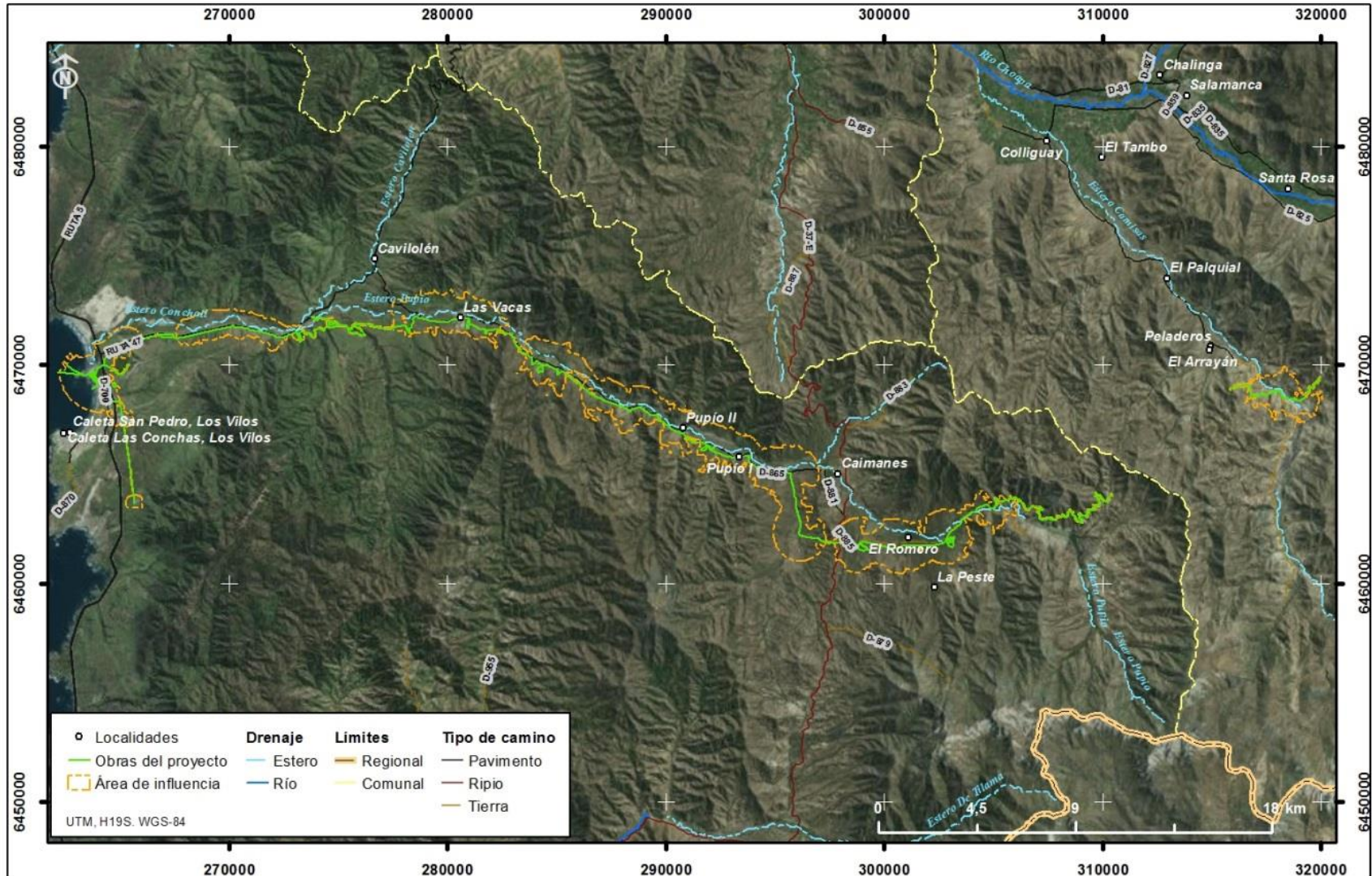


Figura RU-2: Área de influencia. Componente ruido. Área Punta Chungo - Pupío



3.2.3. Metodología

La metodología utilizada para el establecimiento de línea de base, que se detalla más adelante, es equivalente para el Área El Chacay y Área Punta Chungo - Pupío, sin diferencias que merezcan segregarlas. Por tanto, para el presente componente, tanto metodología como resultados, presenta agrupados todos los receptores del Proyecto.

El diseño de la campaña de medición de NPS ejecutada en octubre de 2015, se realizó con el fin de cubrir todos los sectores involucrados donde hay potenciales receptores. A continuación, se describe la metodología utilizada en la caracterización de los niveles de ruido en los receptores sensibles del área de influencia del Proyecto:

- a) Identificación y definición teórica de los potenciales receptores y puntos de medición a caracterizar.

Como se mencionó anteriormente, los receptores sensibles de ruido corresponden a seres humanos y animales silvestres en categoría de conservación. Para seres humanos, la identificación se realizó mediante fotointerpretación de imágenes satelitales (Google Earth) y una visita en terreno. La búsqueda se centró en viviendas, y otros edificios relacionados con educación, culto, comercio, etc., que se encuentren dentro del área de influencia del Proyecto de este componente. Además, tal y como se indica en la sección 3.2.5.1, se hizo una búsqueda de los antecedentes disponibles en los proyectos de MLP que dispusieran de líneas de base o de planes de seguimiento aprobados en el área de influencia del Proyecto.

Para animales silvestres, la identificación se realizó mediante revisión bibliográfica y campañas de terreno por estación del año (información en detalle se encuentra en la línea de base de animales silvestres de este EIA), donde se identificaron como receptores los hábitats más representativos de especies en categoría de conservación, comprendidos dentro del área de influencia de este componente, teniendo en cuenta que en todos los ambientes o hábitats identificados para animales silvestres tienen ejemplares en categoría de conservación de baja movilidad.

- b) La segunda etapa tuvo relación con el trabajo en terreno, donde se determinaron los puntos de medición definitivos, de acuerdo a la identificación realizada en la etapa anterior.

Dado que la medición de ruido es puntual, no areal, fue preciso establecer puntos de medición, que sean representativos de la condición de un sector específico (por ejemplo, de un conjunto de casas), donde se encuentra uno o más receptores sensibles. Los criterios para la selección de dichos puntos fueron los siguientes:

- Cercanía a los receptores humanos o hallazgos de especies en categoría de conservación para animales silvestres;
 - Accesibilidad;
 - Similitud de condiciones geográficas y
 - Similitud de condiciones del entorno sonoro.
- c) Realización de las mediciones en los puntos de medición de acuerdo a la metodología del D.S. N° 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.

En cada medición de los receptores humanos se registraron los descriptores de Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPS_{eq}), el Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS_{max}), y el Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS_{min}), todos con un filtro de ponderación “A” con respuesta lenta. Se utilizó la metodología de medición según lo establecido en el D.S. N° 38/2011 del MMA, por lo que el instrumento se ubica a 1,5 m de su eje vertical y, a lo menos, a 3,5 m de cualquier superficie reflectante en su eje horizontal (paredes, muros, etc.); los registros no tardaron más de 10 minutos en obtenerse y se tomaron mediciones en los horarios diurno y nocturno definidos en la normativa.

En las mediciones de animales silvestres se registró el NPS_{eq} en dB, ya que el filtro de ponderación “A” está diseñado para el rango auditivo de los seres humanos y no para el de los animales. Más detalles sobre la metodología de medición de la campaña de medición de niveles de ruido en el Anexo RU-1.

Los instrumentos utilizados para caracterizar la línea base de ruido fueron:

- Sonómetro Integrador Tipo 2, Delta Ohm HD2010, los certificados de calibración están adjuntos en el Anexo RU-1.
 - Calibrador acústico Delta Ohm HD9102.
 - GPS Garmin.
 - Pantalla antiviento.
 - Trípode 1,5 metros de altura.
 - Cámara fotográfica digital.
- d) La última etapa se ejecutó una vez finalizada la campaña en terreno, realizándose el análisis y cuantificación de los niveles de presión sonora actuales, estableciéndose la línea de base. El informe generado de la campaña de medición se presenta en el Anexo RU-1.

3.2.4. Receptores del Proyecto

Dentro del área de influencia del Proyecto para esta componente se identificaron receptores humanos y de animales silvestres.

3.2.4.1. Receptores humanos

Los receptores humanos más cercanos y representativos que se consideraron, se describen en la siguiente Tabla RU-1, mientras que en la Figura RU-3 se presentan los receptores emplazados en el Área El Chacay y Anexo RU-2 se presenta su localización en el Área Punta Chungo – Pupío.

En la columna “Plan de seguimiento de MLP, RCAs N° 71/1997 y N° 38/2004” se identifica qué receptores considerados en esta línea de base presentan registros históricos, derivados del Plan mencionado. Los receptores se identifican con el nombre que presentan en el plan de seguimiento.

A continuación, en la Tabla RU-1, se describen e indica la localización de los receptores a considerar para el Proyecto:

Tabla RU-1: Descripción y ubicación de receptores humanos del Proyecto

Área del Proyecto	Receptor ⁸	Plan de seguimiento de ruido de MLP, RCA N°71/1997 y RCA N°38/2004	Descripción	Coordenada UTM*	
				Este	Norte
Área El Chacay	RC1	El Chacay	El Chacay. Caseta de seguridad, ubicada en la Ruta D-885, al sur del trazado del Proyecto.	349.775	6.478.303
	RC2	-	Instalación de Gerencia de Proyectos.	350.306	6.478.926
	RC3	-	Campamento ubicado al interior del Chacay.	350.198	6.478.135
Área Punta Chungo - Pupío	RP1	-	Caseta de seguridad, ubicada en camino interior a Ruta 5, al poniente del trazado del Proyecto.	265.120	6.467.530
	RP2	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta 5, al poniente del área del Proyecto.	264.345	6.468.534
	RP3	-	Colegio San Francisco Javier y vivienda de 2 pisos de material sólido, ubicados en la Ruta 5, al sur poniente del área del Proyecto.	264.211	6.469.005
	RP4	-	Instalación de material ligero, ubicada a un costado de la playa, al sur del trazado del Proyecto.	263.907	6.469.104
	RP5	-	Vivienda 1 piso material ligero, ubicada en la Ruta D-85, al sur del trazado del Proyecto.	265.092	6.470.839
	RP6	-	Viviendas de 1 piso de material ligero, ubicadas en la Ruta D-85, al sur del trazado del proyecto.	265.489	6.471.036
	RP7	-	Vivienda en ruinas, ubicada en la Ruta D-85, al sur del trazado del Proyecto.	268.401	6.471.353
	RP8	-	Fundo Olivos de Casuto, ubicado en la Ruta D-85, al norte del trazado del Proyecto.	269.147	6.472.256
	RP9	-	Sector al costado de la Ruta D-85, al sur del trazado del proyecto.	270.474	6.471.565
	RP10	-	Caseta de guardias, control de pesaje, ubicado en la Ruta D-85, al sur del trazado del proyecto.	271.876	6.471.360
	RP11	-	Vivienda 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del proyecto.	278.442	6.472.342
	RP12	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	278.782	6.472.153
	RP13	-	Minera Don Alberto, ubicada en la Ruta D-865, al sur del trazado del Proyecto.	280.333	6.472.049
	RP14	Las Vacas	Escuela Minera Las Vacas, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	280.572	6.472.122
	RP15	-	Predio privado, ubicado en Ruta D-865, al norte del trazado del proyecto.	280.870	6.472.416
	RP16	-	Predio privado, ubicado en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	281.521	6.472.170
	RP17	-	Vivienda de 1 piso y galpones de material sólido, ubicados en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	284.388	6.470.213
	RP18	-	Vivienda de 1 piso de material sólido, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	285.116	6.469.721
	RP19	-	Vivienda de 1 piso de material sólido, ubicada en Ruta D-865, al sur del trazado del Proyecto.	286.997	6.468.431
	RP20	-	Viviendas de 1 piso de material sólido, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	287.446	6.468.328
	RP21	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	288.357	6.467.905

⁸ En un principio, en los receptores RP41, RP42 y RP43 cercanos a la zona de reemplazo de la tubería no se consideraron efectos por lo acotado de las actividades del proyecto en esta zona, de ahí que no se incluyeron en el Anexo RU-1 de este capítulo.

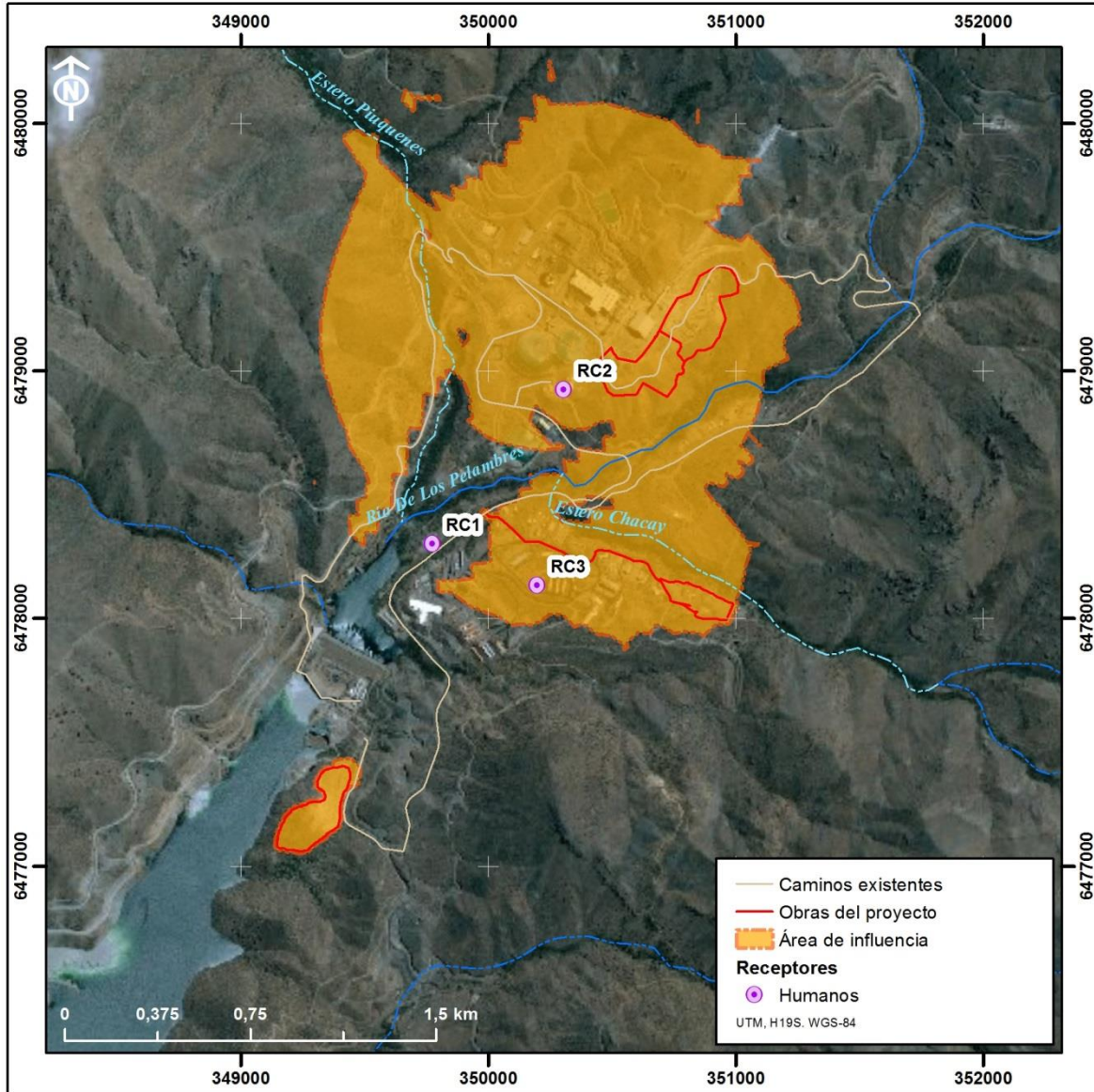
Área del Proyecto	Receptor ⁸	Plan de seguimiento de ruido de MLP, RCA N°71/1997 y RCA N°38/2004	Descripción	Coordenada UTM*	
				Este	Norte
	RP22	-	Predio privado ubicado en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	289.007	6.468.224
	RP23	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta D-865, al norte de trazado del Proyecto.	289.594	6.467.750
	RP24	-	Centro deportivo, ubicado en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	290.276	6.467.156
	RP25	-	Viviendas de 1 piso de material ligero, ubicadas en camino interior de la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	290.695	6.467.369
	RP26	-	Predio privado, ubicado en Ruta D-865, al sur del trazado de Proyecto.	290.695	6.466.827
	RP27	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicado en Ruta D-865, al norte del trazado del proyecto.	292.126	6.466.305
	RP28	-	Fundo Pupío N°1 Quebrada del Guayacán, ubicado en la Ruta D-865, al sur del trazado del Proyecto.	292.072	6.465.164
	RP29	-	Escuela N°77 Pupío, Los Vilos, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	293.266	6.465.787
	RP30	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicado en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	293.547	6.465.836
	RP31	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en la Ruta D-865, al norte del trazado del Proyecto.	294.892	6.465.504
	RP32	-	Caseta de seguridad, ubicada en la Ruta D-865, al sur del trazado del Proyecto.	295.724	6.465.016
	RP33	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada el interior del Vivero, al poniente del trazado del Proyecto.	295.979	6.462.077
	RP34	Caimanes	Poblado Caimanes, ubicado en la intersección de la Ruta D-865 con la Ruta D-37-E, al oriente del trazado del Proyecto.	297.745	6.465.437
	RP35	-	Vivienda de 1 piso de material sólido, ubicada en la ruta interior a la Ruta D-37-E, al oriente del trazado del Proyecto.	297.807	6.463.472
	RP36	-	Vivienda de 1 piso de material sólido, ubicada en la Ruta D-885, al norte del trazado del Proyecto.	298.675	6.461.791
	RP37	-	Vivienda de 1 piso de material sólido, ubicada en la Ruta D-885, al norte del trazado del Proyecto.	300.553	6.461.760
	RP38	-	Escuela Ramadilla, ubicada en Ruta D-885, al sur del trazado del Proyecto.	302.930	6.462.078
	RP39	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, ubicada en camino interior a Ruta D-885, al sur trazado del Proyecto.	303.205	6.460.646
	RP40	-	Caseta de seguridad, ubicada en la Ruta D-885, al sur del trazado del Proyecto.	305.022	6.463.357
	RP41	-	Vivienda de 1 piso de material ligero, al norte del sector de cambio de tubería	317.467	6.468.679
	RP42	-	Recinto fiscal, al norte del sector de cambio de tubería	318.316	6.468.853
	RP43	-	Recinto fiscal, al sur del sector de cambio de tubería	319.318	6.468.279

* Dátum WGS84, huso 19S

Cabe indicar, que en el área de El Chacay se encuentran 3 receptores de los cuales uno se emplaza fuera del área de influencia (receptor RC1). Por su parte, en el sector Punta Chungo – Pupío se identificaron 43 receptores y 3 de estos están ubicados fuera del área de influencia (receptores RP34, RP35 y RP39).

Tal como se indicó párrafo arriba, en la Figura RU-3 se presentan los receptores emplazados en el Área El Chacay y Anexo RU-2 se presenta su localización en el Área Punta Chungo – Pupío.

Figura RU-3: Localización receptores en Área El Chacay



Se presentan a continuación, fotografías de caracterización de los lugares de medición Área El Chacay y Área Punta Chungo – Pupío:

Fotografía RU-1: Receptor RC1



Fotografía RU-2: Receptor RC2



Fotografía RU-3: Receptor RC3



Fotografía RU-4: Receptor RP1



Fotografía RU-5: Receptor RP2



Fotografía RU-6: Receptor RP3



Fotografía RU-7: Receptor RP4



Fotografía RU-8: Receptor RP5



Fotografía RU-9: Receptor RP6



Fotografía RU-10: Receptor RP7



Fotografía RU-11: Receptor RP8



Fotografía RU-12: Receptor RP9



Fotografía RU-13: Receptor RP10



Fotografía RU-14: Receptor RP11



Fotografía RU-15: Receptor RP12



Fotografía RU-16: Receptor RP13



Fotografía RU-17: Receptor RP14



Fotografía RU-18: Receptor RP15



Fotografía RU-19: Receptor RP16



Fotografía RU-20: Receptor RP17



Fotografía RU-21: Receptor RP18



Fotografía RU-22: Receptor RP19



Fotografía RU-23: Receptor RP20



Fotografía RU-24: Receptor RP21



Fotografía RU-25: Receptor RP22



Fotografía RU-26: Receptor RP23



Fotografía RU-27: Receptor RP24



Fotografía RU-28: Receptor RP25



Fotografía RU- 29: Receptor RP26



Fotografía RU-30: Receptor RP27



Fotografía RU-31: Receptor RP28



Fotografía RU-32: Receptor RP29



Fotografía RU-33: Receptor RP30



Fotografía RU-34: Receptor RP31



Fotografía RU-35: Receptor RP32



Fotografía RU-36: Receptor RP33



Fotografía RU-37: Receptor RP34



Fotografía RU-38: Receptor RP35



Fotografía RU-39: Receptor RP36



Fotografía RU-40: Receptor RP37



Fotografía RU-41: Receptor RP38



Fotografía RU-42: Receptor RP39



Fotografía RU-43: Receptor RP40



Fotografía RU-44: Receptor RP41



Fotografía RU-45: Receptor RP42



Fotografía RU-46: Receptor RP43



3.2.4.2. Receptores animales silvestres

Como ya se ha indicado en la metodología, los receptores animales silvestres se consideran a los hábitats más representativos de especies en categoría de conservación, comprendidos dentro del área de influencia de este componente. Para la identificación de estos hábitats, se consideró las distintas campañas de terreno y la línea de base del componente animales silvestres descrita en este mismo capítulo en la sección 5.4.

Como la medición de ruido es puntual, se establecieron puntos representativos de hábitats, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Abundancia de hallazgos de especies en categoría de conservación en las distintas campañas de terreno de animales silvestres en los ambientes.
- Especies que pueden ser más sensibles a los niveles de ruido (Ej. *Leopardus colocolo*, *Spalacopus cyanus* o la Clase Amphibia en general).
- Accesibilidad.
- Similitud de condiciones geográficas (ambientes).
- Similitud de condiciones del entorno sonoro.

Conforme a lo anterior, se consideraron 6 puntos de medición cercanos al lugar de ubicación de las instalaciones del Proyecto, que representan a los receptores de animales silvestres. En la Tabla RU-2 se hace una descripción y se entregan las coordenadas de cada uno de los puntos de medición considerados y en el Anexo RU-2 se presenta su localización.

Cabe señalar que en el Área El Chacay no se tomaron mediciones debido a que las obras están dentro de las instalaciones pertenecientes a MLP, corresponde con un área industrial altamente intervenida y las principales zonas están denudadas.

Tabla RU-2: Descripción y ubicación puntos de medición representativos de receptores de animales silvestres

Área del Proyecto	Receptor	Descripción	Coordenada UTM*	
			Este	Norte
Área Punta Chungo - Pupío	AS1	Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí	263.996	6.470.105
	AS2	Punto de Fauna ubicado al interior de predio privado.	267.667	6.470.447
	AS3	Punto de Fauna ubicado al interior de predio privado.	277.282	6.471.449
	AS4	Punto de Fauna ubicado al interior de predio privado.	280.071	6.471.876
	AS5	Punto de Fauna ubicado al interior de predio privado.	282.721	6.471.580
	AS6	Punto de Fauna ubicado al interior de predio privado.	285.931	6.469.363

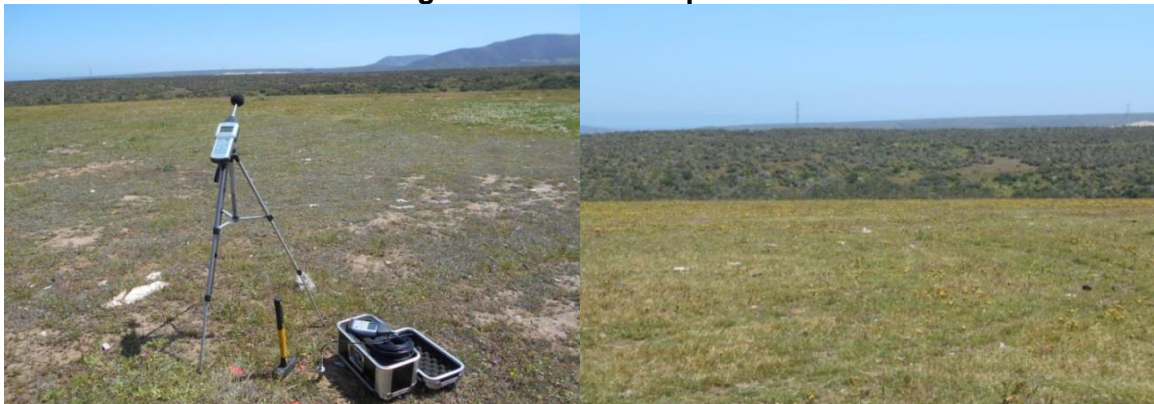
* Dátum WGS84, huso 19S

Se presentan a continuación, fotografías de caracterización de los lugares de medición de animales silvestres:

Fotografía RU-47: Receptor AS1



Fotografía RU- 48: Receptor AS2



Fotografía RU- 49: Receptor AS3



Fotografía RU-50: Receptor AS4



Fotografía RU-51: Receptor AS5



Fotografía RU-52: Receptor AS6



3.2.5. Resultados

3.2.5.1. Antecedentes generales

El establecimiento de la línea de base de ruido en el área de influencia del Proyecto, se ha realizado mediante la campaña de medición de niveles de presión sonora la que se ejecutó en octubre de 2015 y cuyo informe asociado se adjunta en el Anexo RU-1. Algunos de los receptores caracterizados en el área de influencia del Proyecto son coincidentes con receptores de planes de seguimiento o de líneas de base de otros proyectos de MLP aprobados ambientalmente, los cuales se indican a continuación:

- RCA N° 71/1997, del Proyecto “Expansión Minera Los Pelambres 85.000 tpd”: En esta RCA se establecieron algunos de los planes de seguimiento ambiental realizados en el área del Proyecto, que posteriormente fueron actualizados y adecuados a la RCA N° 38/2004.
- RCA N° 38/2004, del “Proyecto Integral de Desarrollo de MLP”: Los antecedentes aportados fueron el plan de seguimiento de ruido que se desarrolló en dicho proyecto, desde donde se obtuvieron las referencias de ruido para el Área Punta Chungo – Pupío y Área El Chacay.

De acuerdo a lo anterior, en la Tabla RU-3 se presentan los receptores de la línea de base del Proyecto que se consideran en planes de seguimiento o en líneas de base de proyectos de MLP aprobados ambientalmente.

Tabla RU-3: Receptores de la línea de base considerados en proyectos con RCA de MLP

Área del Proyecto	Receptores considerados en RCAs anteriores*
Área El Chacay	RC1 (El Chacay)
Área Punta Chungo - Pupío	RP34 (Caimanes)
	RP14 (Las Vacas)

*Plan de seguimiento de ruido, RCAs N° 71/1997 y N° 38/2004

3.2.5.2. Resultados campaña de medición

- Niveles de presión sonora en receptores humanos

Los resultados obtenidos de Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPS_{eq}), de Niveles de Presión Sonora Máximo (NPS_{max}) y de Niveles de Presión Sonora Mínimo (NPS_{min}) en los puntos de medición de receptores humanos las Áreas del Proyecto, durante el periodo diurno y nocturno, se detallan a continuación, en la Tabla RU-4:

Tabla RU-4: Niveles de presión sonora en receptores humanos. Horario diurno y nocturno

Área del Proyecto	Receptor	Horario Diurno (7:00 a 21:00 h)			Horario Nocturno (21:00 a 7:00h)		
		NPS_{eq} [dBA]	NPS_{max} [dBA]	NPS_{min} [dBA]	NPS_{eq} [dBA]	NPS_{max} [dBA]	NPS_{min} [dBA]
Área El Chacay	RC1	48	53	35	46	55	35
	RC2	61	63	33	58	60	37
	RC3	45	47	34	46	48	37
Área Punta Chungo-Pupío	RP1	45	58	37	42	54	38
	RP2	58	71	39	53	72	38
	RP3	59	66	39	52	65	40
	RP4	52	62	47	50	54	47
	RP5	57	73	37	42	67	35
	RP6	54	74	36	45	57	33
	RP7	57	72	38	45	60	35
	RP8	52	73	33	43	57	32
	RP9	55	70	37	42	65	35
	RP10	56	74	33	41	65	28
	RP11	46	58	32	39	50	20
	RP12	47	67	28	37	44	20
	RP13	48	68	35	42	55	31
	RP14	51	66	37	42	61	32
	RP15	47	58	35	38	52	22
	RP16	44	63	25	40	58	27
	RP17	48	64	38	37	57	28
	RP18	42	53	32	37	62	28
	RP19	42	65	24	36	58	26
	RP20	42	66	34	37	57	31
	RP21	40	56	29	36	60	26
	RP22	45	57	29	38	51	25
	RP23	47	64	28	42	59	28
	RP24	50	65	29	42	63	30
	RP25	47	57	35	38	45	26
	RP26	45	66	32	39	47	28
	RP27	50	62	37	40	60	31
	RP28	46	58	30	37	51	26
	RP29	44	53	35	36	60	24
	RP30	44	59	37	36	59	25
	RP31	50	63	45	42	52	25
	RP32	51	64	48	43	57	26
	RP33	50	58	45	34	48	26
	RP34	51	65	36	36	45	24
	RP35	44	56	31	37	48	24
	RP36	47	60	32	36	45	25

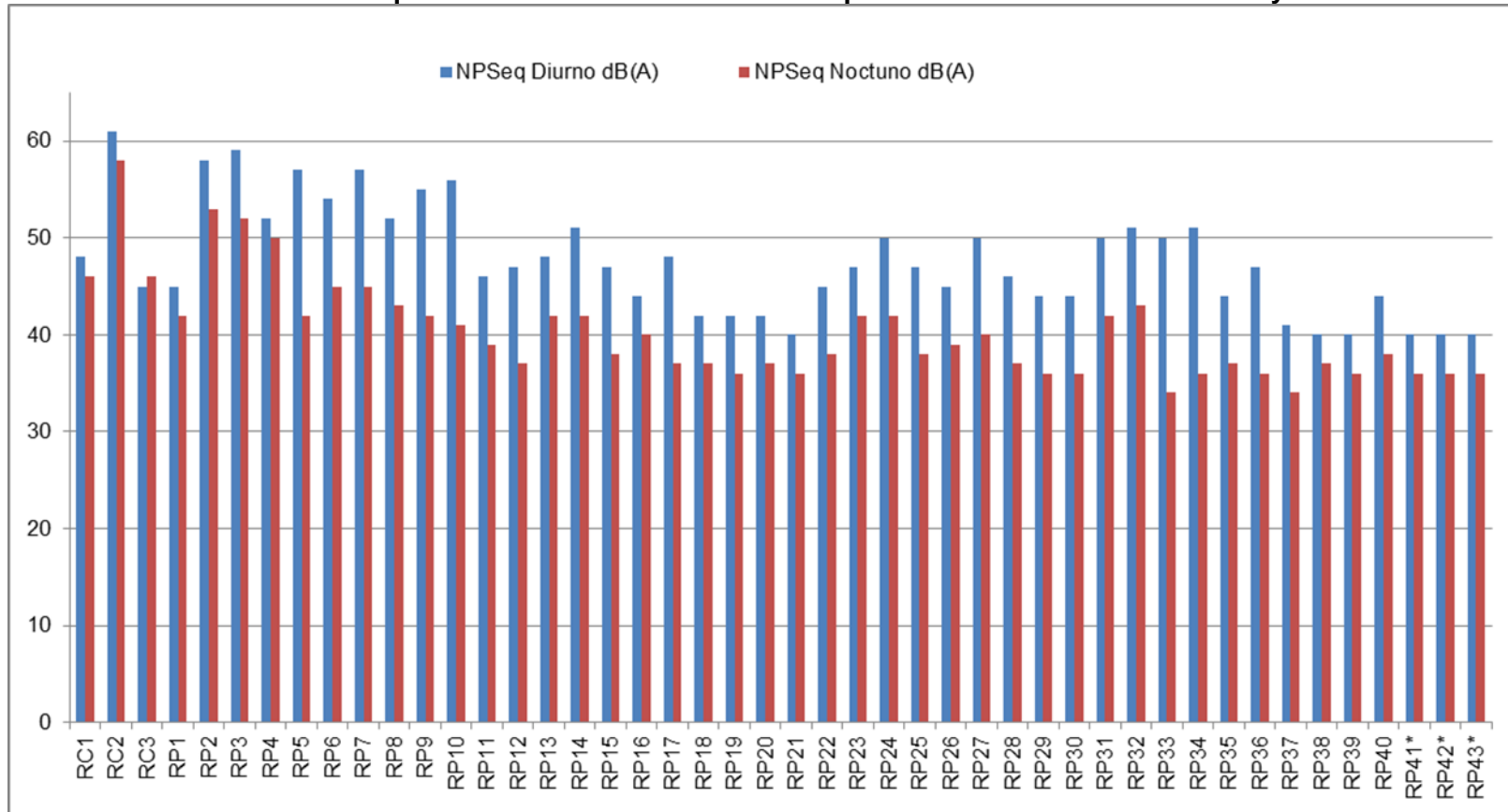
Área del Proyecto	Receptor	Horario Diurno (7:00 a 21:00 h)			Horario Nocturno (21:00 a 7:00h)		
		NPS _{eq} [dBA]	NPS _{máx} [dBA]	NPS _{mín} [dBA]	NPS _{eq} [dBA]	NPS _{máx} [dBA]	NPS _{mín} [dBA]
	RP37	41	57	27	34	50	20
	RP38	40	50	27	37	52	31
	RP39	40	48	24	36	55	30
	RP40	44	52	39	38	47	24
	RP41*	40	48	24	36	55	30
	RP42*	40	48	24	36	55	30
	RP43*	40	48	24	36	55	30

* Los receptores cercanos a la zona de reemplazo de la tubería se denominan RP41, RP42 y RP43 para esta línea de base. A priori, no se consideraron efectos sobre estos receptores por lo acotado de las actividades del proyecto. No obstante a lo anterior y para justificar esta determinación, se ha considerado homologar el NPS de un receptor que tenga similares características (en términos geográficos y de fuentes) para evaluar la no afectación. El receptor que cumple con estas condiciones es el RP39, coincidiendo que tiene un menor valor de NPS_{eq} diurno de todos los puntos analizados para el Área Punta Chungo-Pupío (40 dBA). En consecuencia, para los receptores RP41, RP42 y RP43 se ha considerado un valor de NPS_{eq} diurno de 40 dB(A) y nocturno de 36 dB(A).

Las mediciones se realizaron entre los días 19 y 23 de octubre de 2015. Las fuentes predominantes de ruido en el Área El Chacay fueron el viento, la vegetación y la operación de MLP; mientras que en el Área Punta Chungo - Pupío fueron tránsito vehicular, animales, actividades humanas más cercanas y viento.

Los resultados también se han representado en el Gráfico RU-1 para horario diurno y para horario nocturno.

Gráfico RU-1: NPS equivalente de línea de base en receptores humanos. Horario diurno y nocturno



De acuerdo a la tabla y figura anterior, se aprecia que los NPS_{eq} de la línea de base de ruido sobre los receptores humanos cercanos al emplazamiento del Proyecto fluctúan entre los 45 dB(A) y los 61 dB(A) en el Área El Chacay en horario diurno y entre los 40 y los 59 dB(A) en el Área Punta Chungo – Pupío. En horario nocturno los valores fluctúan entre los 46 dB(A) y los 58 dB(A) en el Área El Chacay y entre los 34 y los 53 dB(A) en el Área Punta Chungo - Pupío.

- Niveles de presión sonora en receptores animales silvestres

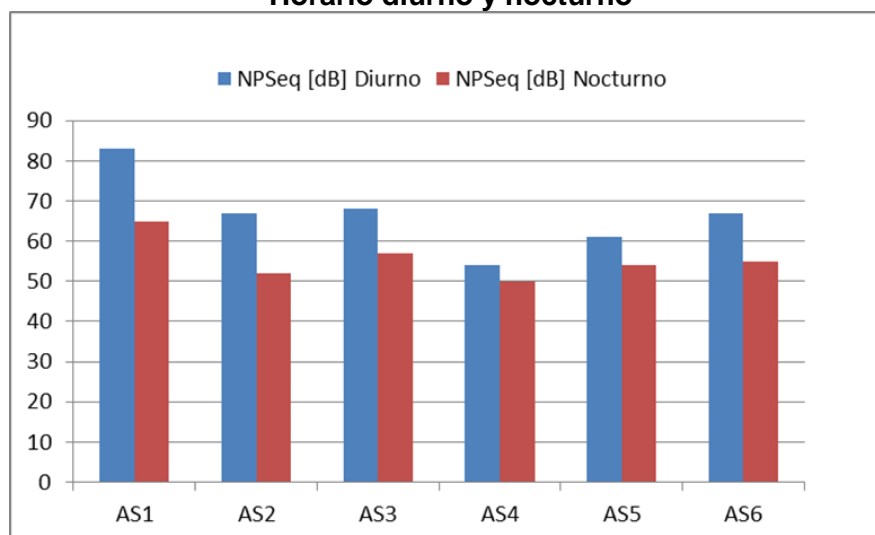
Los resultados obtenidos de Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPS_{eq}) en dB en los puntos de medición de animales silvestres, durante el periodo nocturno y diurno, se detallan a continuación, en la Tabla RU-5:

Tabla RU-5: Niveles de presión sonora en receptores animales silvestres de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno

Área del Proyecto	Receptor	NPS_{eq} (dB)	
		Horario Diurno (7:00 a 21:00 h)	Horario Nocturno (21:00 a 7:00h)
Área Punta Chungo - Pupío	AS1	83	65
	AS2	67	52
	AS3	68	57
	AS4	54	50
	AS5	61	54
	AS6	67	55

Las mediciones se realizaron entre los días 19 y 23 de octubre de 2015, los resultados también se han representado en el Gráfico RU-2 para horario diurno y para horario nocturno.

Gráfico RU-2: NPS equivalente de línea de base en receptores de animales silvestres - Horario diurno y nocturno



Los NPS_{eq} diurnos oscilan entre 54 y 83 dB, mientras que los nocturnos oscilan entre 50 y 65 dB, las fuentes de ruido son principalmente, tránsito vehicular, animales, actividades humanas cercanas.

3.2.6. Evolución del componente sin considerar la ejecución del Proyecto

La evolución del componente niveles de ruido sin considerar la ejecución del Proyecto dependerá si el área de influencia se mantiene estable sin modificaciones o si se incluyen en la misma alguna actividad o proyecto que pueda llegar a variar los NPS medidos en los receptores considerados. En el Anexo LB-1 de este capítulo sobre los Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable y vigente que se relacionan con el Proyecto, se identificaron doce proyectos dentro del área de influencia, de los cuales cuatro no se han ejecutado⁹ o no se dispone de información al respecto, que son los siguientes:

- DIA “Proyecto Tranque de Relaves Planta Tunquén” (RCA N°34/2003);
- DIA “Planta Solar Fotovoltaica Caracas” (RCA N° 084/2014);
- EIA “Plan de Expansión Chile LT 2x500 kV Cardones – Polpaico” (RCA N°1608/2015), y
- EIA “Proyecto El Espino” (RCA N°1/2016).

No obstante, el emplazamiento de todos estos Proyectos se localiza a más de 1 km de los receptores considerados, por tanto no influiría en una modificación del componente de niveles de ruido del Proyecto.

En consecuencia, en función de la información disponible sobre las actividades o proyectos a realizar en el área de influencia del Proyecto, la línea de base de niveles de ruido se mantendrá con valores similares a los obtenidos sin considerar la ejecución del Proyecto y solo podría aumentar debido a actividades antrópicas propias de la zona.

3.2.7. Síntesis de los resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- El establecimiento de la línea de base de ruido del Proyecto, se ha realizado mediante la campaña de medición de niveles de presión sonora la que se ejecutó en octubre de 2015. Cabe indicar que en las RCAs N° 71/1997 y N° 38/2004 se aprueba el plan de seguimiento de niveles de ruido de MLP, el cual incluye alguno de los receptores de la campaña de medición realizada para este EIA.
- En la campaña de medición, los valores de NPS_{eq} obtenidos para receptores humanos en horario diurno varían entre 45 y 61 dB(A) en Área El Chacay, mientras que en el Área Punta Chungo – Pupío los valores de NPS_{eq} fluctúan entre 40 y 59 dB(A). Mientras que para horario nocturno los niveles oscilan entre los 46 y 58 dB(A) en el Área El Chacay y entre los 34 y 53 dB(A) en el Área Punta Chungo – Pupío.

⁹ Información obtenida de <http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/RegistroRca>, se han seleccionado los proyectos en el que su estado de la Fase del Proyecto no está declarado y los que se declaran como no ejecutados

3.3. Atmósfera: Vibraciones

RESUMEN

Este acápite corresponde a la descripción de la línea de base del componente vibraciones del Proyecto, donde se caracterizan y cuantifican los niveles de vibraciones a los que se encuentran expuestos, actualmente, los receptores más cercanos y representativos del área de influencia del Proyecto.

El Proyecto en evaluación contempla, en la fase de construcción, que constituye la etapa más intensiva en actividades que implican emisión de vibraciones, el uso de maquinaria pesada y explosivos que provocarán una serie de ondas de esfuerzo que se desplazarán por la corteza terrestre en todas las direcciones, lo cual es percibido como vibraciones. Estas vibraciones pueden alcanzar a receptores sensibles a ellas. Se identifican como receptores sensibles a las vibraciones a los seres humanos o estructuras ajenas al Proyecto y la fauna silvestre en categoría de conservación.

El área de influencia del Proyecto para el componente vibraciones, se determinó con los siguientes criterios: la propagación de las vibraciones, la presencia de receptores sensibles y la normativa de referencia. De esta forma, el área de influencia del Proyecto cubre una superficie de alrededor de 47 ha en el Área El Chacay y de 1.147 ha en el Área Punta Chungo – Pupío.

El establecimiento de la línea de base de vibraciones del Proyecto, se ha realizado mediante la campaña de medición de vibraciones de este Proyecto, la que se ejecutó en octubre de 2015, cuyo informe asociado se adjunta en el Anexo VI-1.

De los resultados obtenidos, se indica que en periodo diurno los valores de niveles equivalentes de vibraciones oscilan entre 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en Área El Chacay, mientras que en el Área Punta Chungo – Pupío los valores fluctúan entre 22 y 32 $\mu\text{m/s}$.

En periodo nocturno, los valores de niveles equivalentes de vibraciones oscilan entre 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en Área El Chacay, mientras que en Punta Chungo – Pupío los valores fluctúan entre 20 y 27 $\mu\text{m/s}$.

La fuente principal de vibraciones corresponde al tráfico vehicular en las dos áreas en periodo diurno y nocturno.

3.3.1. **Objetivos**

El objetivo general es el establecimiento de la línea basal de niveles de vibraciones, la que servirá de fundamento para establecer la evaluación ambiental de las actividades del Proyecto. Para esto, se consideran los siguientes objetivos específicos:

- Identificación de los receptores sensibles del área de influencia del Proyecto, y
- Cuantificación de los niveles basales (sin Proyecto) de vibraciones en períodos diurno y nocturno, asociados a los receptores identificados.

3.3.2. Área de influencia

3.3.2.1. Criterios generales

La determinación del área de influencia del Proyecto se basa en que los potenciales impactos asociados a este componente ambiental no corresponden al aumento de los niveles de vibraciones *per se*, sino al aumento de niveles de vibraciones en aquellos lugares en que existen receptores. En consecuencia, los criterios considerados tienen que ver con los niveles de vibraciones ocasionados por el Proyecto y cómo se propagan, pero también con la localización de receptores y los niveles de vibraciones umbrales en donde éstos se localizan.

Teniendo en consideración lo anteriormente señalado, para definir el área de influencia de vibraciones se tuvieron presentes los siguientes criterios:

- Criterio 1 - Propagación de las vibraciones: se realizó según los métodos y modelos predictivos indicados en la versión borrador de la Guía Metodológica de Evaluación de Ruido y Vibraciones en el SEIA¹⁰
- Criterio 2 - Presencia de receptores sensibles: Las normas y umbrales de referencia serán aplicables en la medida que existan receptores en dicho lugar, los cuales corresponderán a seres humanos y fauna sensible a vibraciones (en categoría de conservación) que habiten en las áreas donde el Proyecto considera instalar partes/obras y desarrollar actividades.
- Criterio 3 - Niveles de referencia: En Chile no existe normativa ambiental, de calidad o de emisión, para la componente vibraciones. Por lo tanto, se debe utilizar las normas de calidad ambiental o de emisión de referencia según lo que indica el artículo 11 del RSEIA.

3.3.2.2. Aplicación de criterios

A continuación, se describen como se han aplicado los criterios generales a este Proyecto.

- Criterio 1 – Propagación de las vibraciones

Las vibraciones generadas por los equipos y maquinaria a utilizar en el Proyecto, son clasificadas como vibraciones continuas, mientras que las vibraciones generadas por las actividades de tronaduras, se clasifican como de tipo impulsivas (acotadas en el tiempo), teniendo un modo diferente de propagación. Se asume que la propagación de estos dos tipos de vibraciones es producida en todas las direcciones.

Por tanto, para las vibraciones continuas se utilizó el modelo de propagación de la Administración Federal de Tránsito (FTA), recomendado en la versión borrador de la Guía Metodológica de Evaluación de Ruido y Vibraciones en el SEIA, bajo un escenario crítico de emisiones de vibraciones, dados por la concentración de la totalidad de equipos y maquinarias en punto lo más cercano posible de cada receptor; y para las vibraciones

¹⁰Estudio elaborado por Ambiente Consultores Ltda., Mayo 2013, y difundido en el taller realizado el miércoles 5 de junio de 2013 y el jueves 6 de junio de 2013 en dependencias del Servicio de Evaluación Ambiental.

impulsivas se utilizó la fórmula de López Jimen, 1992¹¹, considerando la menor distancia entre el lugar de realización de las tronaduras y cada posible receptor identificado.

- Criterio 2 - Localización de posibles receptores sensibles

El Anexo VI-1 contiene la identificación de los posibles receptores ubicados en torno al Proyecto, considerándose 3 receptores en el Área El Chacay y 43 receptores en el Área Punta Chungo – Pupío incluyéndose en esta última área a receptores de animales silvestres.

- Criterio 3 - Normativa de referencia

La normativa de referencia considerada es la indicada en la versión borrador de la Guía Metodológica de Evaluación de Ruido y Vibraciones en el SEIA y tiene que ver con:

- Normativa de referencia para las actividades del Proyecto: Guía de la FTA (Administración Federal de Tránsito, de EE.UU) “Transit Noise and Vibration Impact Assessment”. De acuerdo a las características de los receptores, se desprende que la categoría de edificación corresponde a la Categoría 3, siendo un valor umbral por daño estructural de 94 VdB (referencia: 1×10^{-6} pulgadas/s), correspondiendo a un escenario conservador, aun cuando en general las construcciones encontradas en terreno presentan un mejor estándar constructivo de las establecidas en dicha categoría. Asimismo, se consideró que las fuentes de vibraciones producirán eventos de tipo frecuentes, según las categorías establecidas en la guía de la FTA, en función de la cantidad de eventos. De esta forma, el valor umbral de aceptabilidad residencial considerado corresponde a 72 VdB (referencia: 1×10^{-6} pulgadas/s).
- Normativa de referencia para tronaduras: Normativa de United States Bureau of Mines (USBM; Oficina de Minas de Estados Unidos) desarrollada en el documento “Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting; Report of investigations - Bureau of Mines; 8507”. Se consideró, el valor 5,1 mm/s (106 VdB) de “apreciación clara” para seres humanos, ya que las vibraciones serán puntuales en el tiempo. El procedimiento de MLP en estos casos es realizar un aviso previo a la comunidad.

Estas consideraciones permitieron determinar el área de influencia de este componente. La definición de esta área consideró la mayor expresión de la misma, comprendida por las isolíneas de 5,08 mm/s (PPV, velocidad peak de partícula) para el caso de actividades de equipos y maquinarias y 5,1 mm/s para el caso de actividades de tronaduras, resultantes de la proyección de los niveles de vibración de dichas actividades.

De esta forma, el área de influencia del Proyecto cubre una superficie de 47 ha en el Área El Chacay y de 1.147 ha en el Área Punta Chungo - Pupío, que corresponde a la proyecciones de las actividades de equipos y maquinarias y la de tronaduras. . A continuación se presentan las figuras que muestran el área de influencia en ambos sectores.

¹¹ Manual de perforación y voladura de roca; López Jimeno; 1992

Figura VI-1: Área de influencia. Componente vibraciones. Área El Chacay

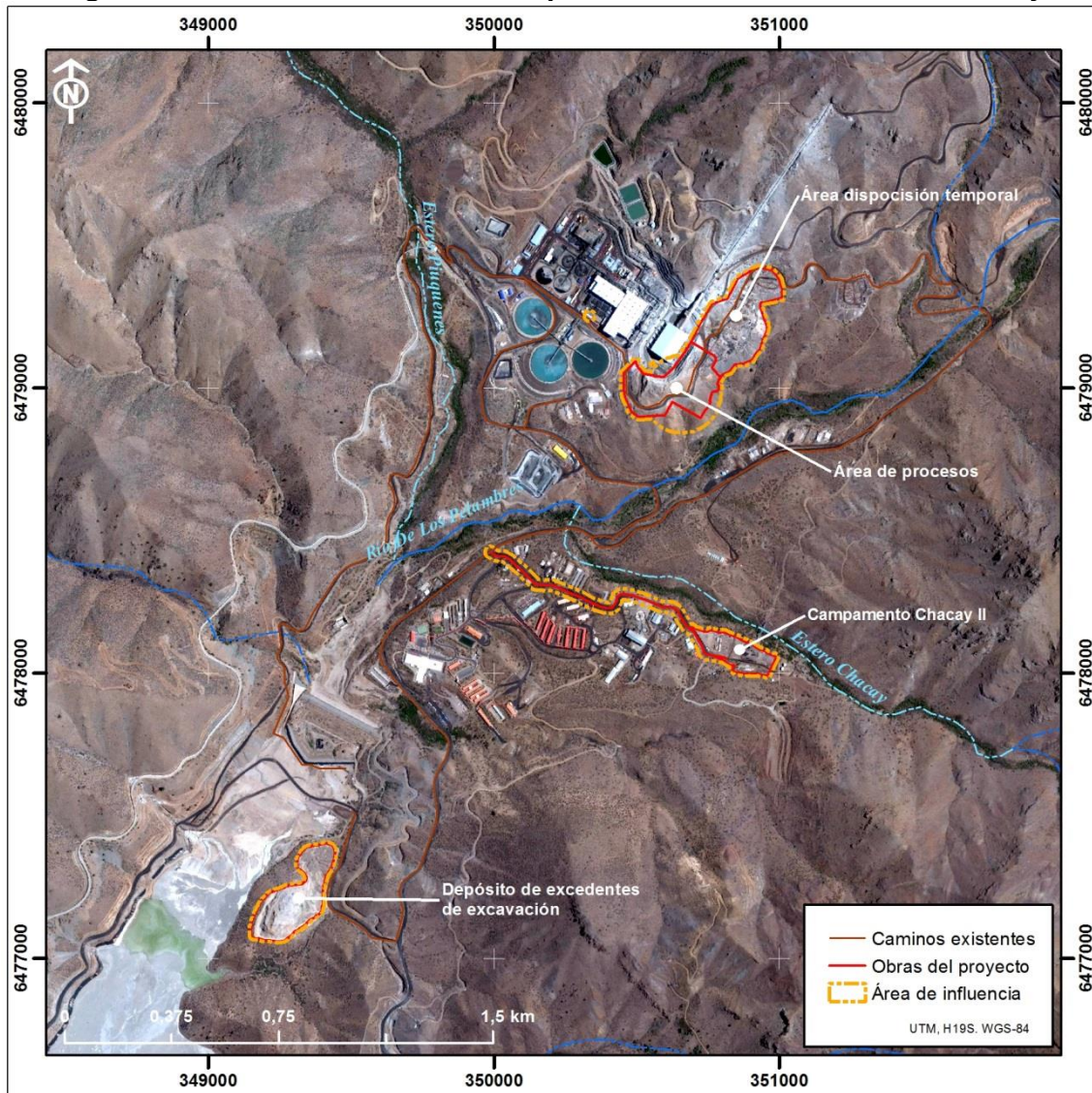
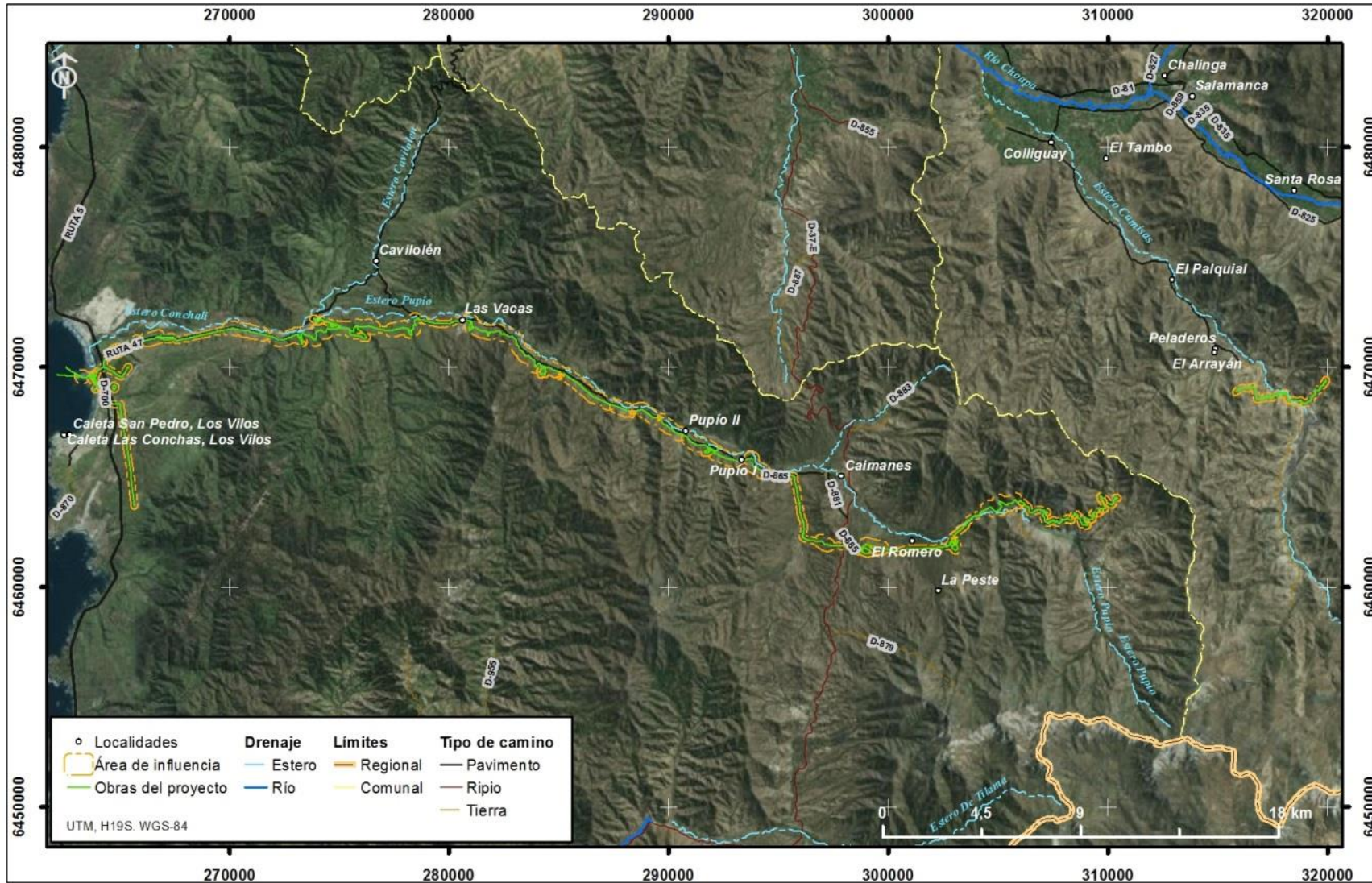


Figura VI-2: Área de influencia. Componente vibraciones. Área Punta Chungo - Pupío



3.3.3. Metodología

En los siguientes puntos se describe la metodología para el desarrollo de esta línea de base. En términos generales, los datos a utilizar corresponden a la campaña de medición de vibraciones realizada para este Proyecto en octubre de 2015.

La metodología utilizada para el establecimiento de línea de base, que se detalla más adelante, es equivalente para el Área El Chacay y el Área Punta Chungo - Pupío, sin diferencias que merezcan segregarse. Por tanto, para el presente componente, tanto metodología como resultados, presenta agrupados todos los receptores del Proyecto.

La caracterización de los niveles de vibraciones en los receptores sensibles del área de influencia del Proyecto, comprende las siguientes etapas:

- a) Identificación y definición teórica de los potenciales receptores sensibles y puntos de medición a caracterizar.

Como se ha mencionado, los receptores sensibles a las vibraciones son seres humanos, estructuras y animales silvestres en categoría de conservación.

Los receptores humanos y estructuras coinciden, puesto que las estructuras existentes corresponden principalmente a viviendas, también se identificó un campamento, un colegio u otras instalaciones de uso habitual de personas. La identificación se realizó mediante fotointerpretación de imágenes satelitales (de Google Earth) y de una visita a terreno. La búsqueda se centró en viviendas, y otros edificios relacionados con educación, culto, comercio, etc. que se encuentran dentro del área de influencia.

Para animales silvestres, la identificación se realizó mediante revisión bibliográfica y campañas de terreno por estación del año (información en detalle se encuentra en la línea de base de animales silvestres de este EIA), donde se identificaron como receptores los hábitats más representativos de especies en categoría de conservación, comprendidos dentro del área de influencia, teniendo en cuenta que en todos los ambientes o hábitats identificados para animales silvestres tienen ejemplares en categoría de conservación de baja movilidad.

- b) La segunda etapa tuvo relación con el trabajo en terreno propiamente tal, en donde se determinaron los puntos de medición definitivos, de acuerdo a la identificación realizada en la etapa anterior.

Dado que la medición de vibraciones es puntual, no areal, es preciso establecer puntos de medición, que sean representativos de la condición de un cierto sector (por ejemplo, de un conjunto de casas), en donde se encuentran uno o más receptores sensibles. Los criterios para la selección de dichos puntos fueron los siguientes:

- Cercanía a los receptores humanos o hallazgos de especies en categoría de conservación para animales silvestres.
- Accesibilidad.
- Similitud de condiciones geográficas.

- c) Realización de las mediciones en los puntos de medición de acuerdo al estándar internacional FTA-VA-90-1003-06, que consiste en realizar registros cada 1 segundo de nivel de velocidad de vibración, durante un intervalo de 10 a 30 minutos.

Los instrumentos utilizados para realizar las mediciones fueron los siguientes:

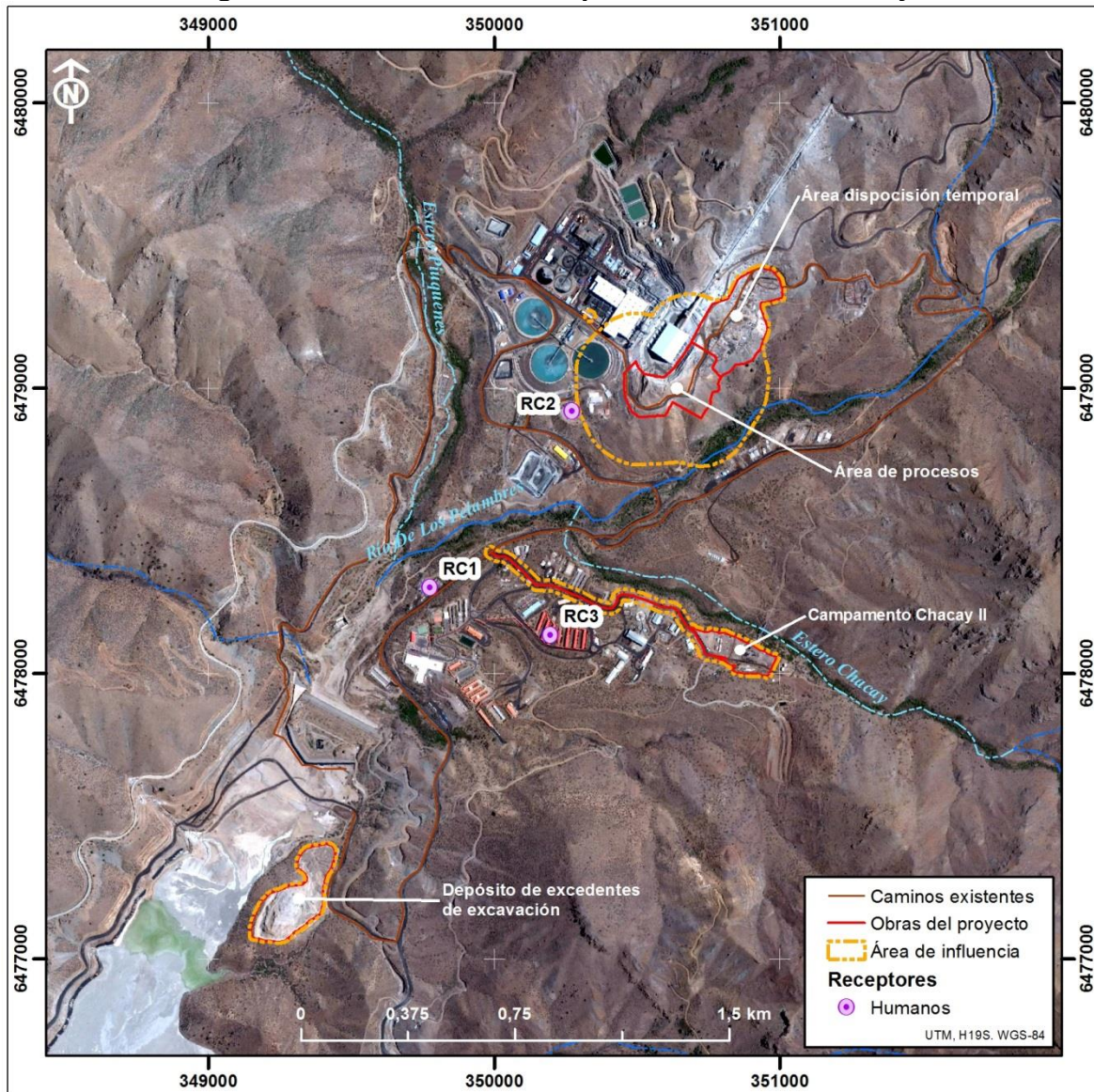
- Vibrómetro Svantek 948, el Anexo VI-1 contiene los certificados de calibración del vibrómetro.
 - GPS Garmin 38.
 - Cámara fotográfica digital.
 - Estaca y maso.
 - Trípode 1,5m de altura.
- d) La última etapa se ejecutó una vez finalizada la campaña en terreno, realizándose el análisis y cuantificación de los niveles de vibraciones obtenidos, estableciéndose la línea de base, el informe generado de la campaña de medición se presenta en el Anexo VI-1.

3.3.4. Receptores del Proyecto

Para este componente se identificaron receptores humanos, estructuras y de animales silvestres. Estos receptores coinciden con los receptores del componente niveles de ruido, debido a la similitud de la metodología para su identificación y definición.

En este sentido se identificaron un total de 46 receptores humanos y estructuras, de los cuales 3 receptores se identifican en el Área El Chacay y 43 receptores en el Área Punta Chungo – Pupío. La descripción de los mismos se indica en la Tabla RU-1 y la representación de la localización en el Área El Chacay y Área Punta Chungo – Pupío se presenta en la Figura VI-3 y Anexo VI-2, respectivamente. Las fotografías de caracterización de los lugares de medición se presentan de la Fotografía RU-1 a la Fotografía RU-46 de este mismo capítulo.

Figura VI-3: Localización receptores en Área El Chacay



Cabe indicar, que dentro del área de influencia del componente vibraciones, descrita en la sección 3.3.2 de este documento, no se ubica ninguno de los receptores humanos y estructuras identificados en la línea de base.

Respecto a los receptores de animales silvestres, se identificaron 6 puntos de medición cercanos al lugar de ubicación de las instalaciones del Proyecto, en la Tabla RU-2 se describen y se entregan las coordenadas de los mismos, en el Anexo RU-2 se presenta su localización y de las Fotografías RU-47 a la Fotografía RU-52 se hace su caracterización.

3.3.5. Resultados

3.3.5.1. Antecedentes generales

El establecimiento de la línea de base de vibraciones del Proyecto, se ha realizado mediante la campaña de medición de vibraciones de este Proyecto, la que se ejecutó en octubre de 2015, cuyo informe asociado se adjunta en el Anexo VI-1. Cabe indicar que de los receptores caracterizados en el área de influencia del Proyecto, ninguno de ellos fue considerado en proyectos anteriores de MLP aprobados ambientalmente para este componente.

3.3.5.2. Resultados campaña de medición

Las mediciones de vibraciones se efectuaron en octubre de 2015 y están contenidas íntegramente en el Anexo VI-1, en horario diurno y en horario nocturno.

- Niveles de vibración en receptores humanos y estructuras

Los resultados basales obtenidos de vibraciones en los puntos de medición de receptores humanos y estructuras en las áreas del Proyecto, durante el periodo nocturno y diurno, se detallan a continuación, en la Tabla VI-1:

Tabla VI-1: Niveles de vibración en receptores humanos y estructuras de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno

Área del Proyecto	Receptor	Horario Diurno		Horario nocturno	
		VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak **($\mu\text{m/s}$)	VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak**($\mu\text{m/s}$)
Área El Chacay	RC1	23	92	24	96
	RC2	24	115	23	95
	RC3	24	87	24	93
Área Punta Chungo - Pupío	RP1	26	87	24	96
	RP2	25	116	22	94
	RP3	25	94	23	90
	RP4	26	92	23	91
	RP5	26	92	23	91
	RP6	26	95	24	92
	RP7	25	140	25	95
	RP8	24	104	25	91
	RP9	22	94	23	96
	RP10	25	92	22	93
	RP11	25	92	26	94
	RP12	25	92	27	94
	RP13	26	193	24	93
	RP14	26	95	24	91
	RP15	26	94	24	92
	RP16	24	95	26	96
	RP17	26	92	22	90
	RP18	25	106	26	94
	RP19	23	105	23	96
	RP20	25	81	24	92
	RP21	25	115	25	96
RP22	26	398	23	92	
RP23	25	95	26	93	

Área del Proyecto	Receptor	Horario Diurno		Horario nocturno	
		VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak **($\mu\text{m/s}$)	VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak**($\mu\text{m/s}$)
	RP24	26	91	24	94
	RP25	32	596	26	94
	RP26	25	84	26	91
	RP27	22	57	25	94
	RP28	28	531	25	96
	RP29	27	164	23	90
	RP30	26	95	20	94
	RP31	24	111	25	94
	RP32	25	98	22	94
	RP33	25	93	24	91
	RP34	26	95	27	95
	RP35	24	91	26	92
	RP36	24	96	23	96
	RP37	25	92	27	91
	RP38	26	110	27	176
	RP39	25	359	24	101
	RP40	23	99	26	320
	RP41***	25	359	24	101
	RP42***	25	359	24	101
	RP43***	25	359	24	101

*Valor cuadrático medio (RMS) de Velocidad Vertical de Partícula

**Valor máximo de Velocidad Vertical de Partícula

*** Los receptores cercanos a la zona de reemplazo de la tubería se denominan RP41, RP42 y RP43 para esta línea de base. A priori, no se consideraron efectos sobre estos receptores por lo acotado de las actividades del proyecto. No obstante a lo anterior y para justificar esta determinación, se ha considerado homologar el nivel de vibración de un receptor que tenga similares características (en términos geográficos y de fuentes) para evaluar la no afectación. El receptor que cumple con estas condiciones es el RP39. En consecuencia, para los receptores RP41, RP42 y RP43 se ha considerado un valor de nivel de vibraciones diurno de 25 $\mu\text{m/s}$ y nocturno de 24 $\mu\text{m/s}$.

Las mediciones se realizaron entre los días 19 y 23 de octubre de 2015. La fuente predominante es el tránsito vehicular.

Los resultados también se han representado en el Gráfico VI-1 para horario diurno y en el Gráfico VI-2 para horario nocturno.

Gráfico VI-1: Niveles de vibración de línea de base en receptores humanos y estructuras. Horario diurno

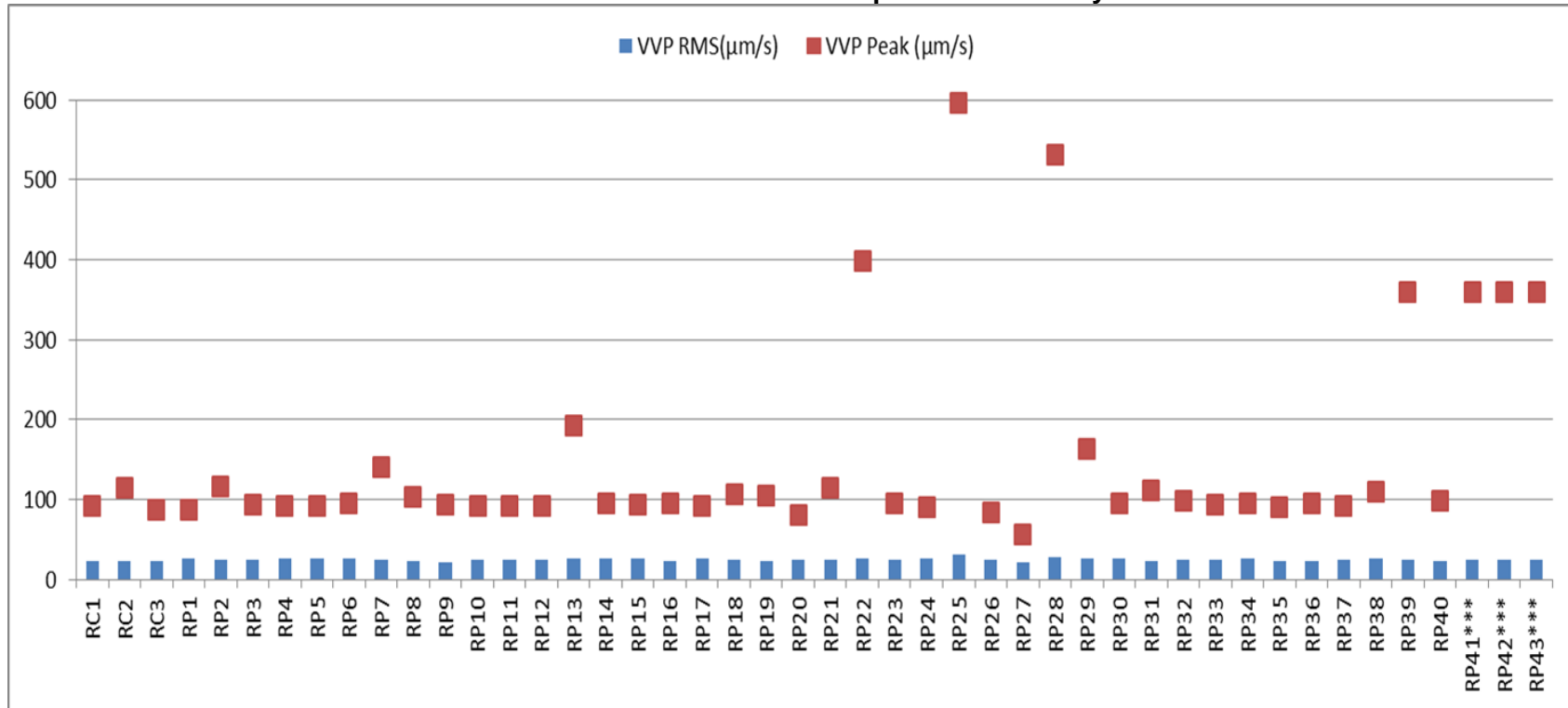
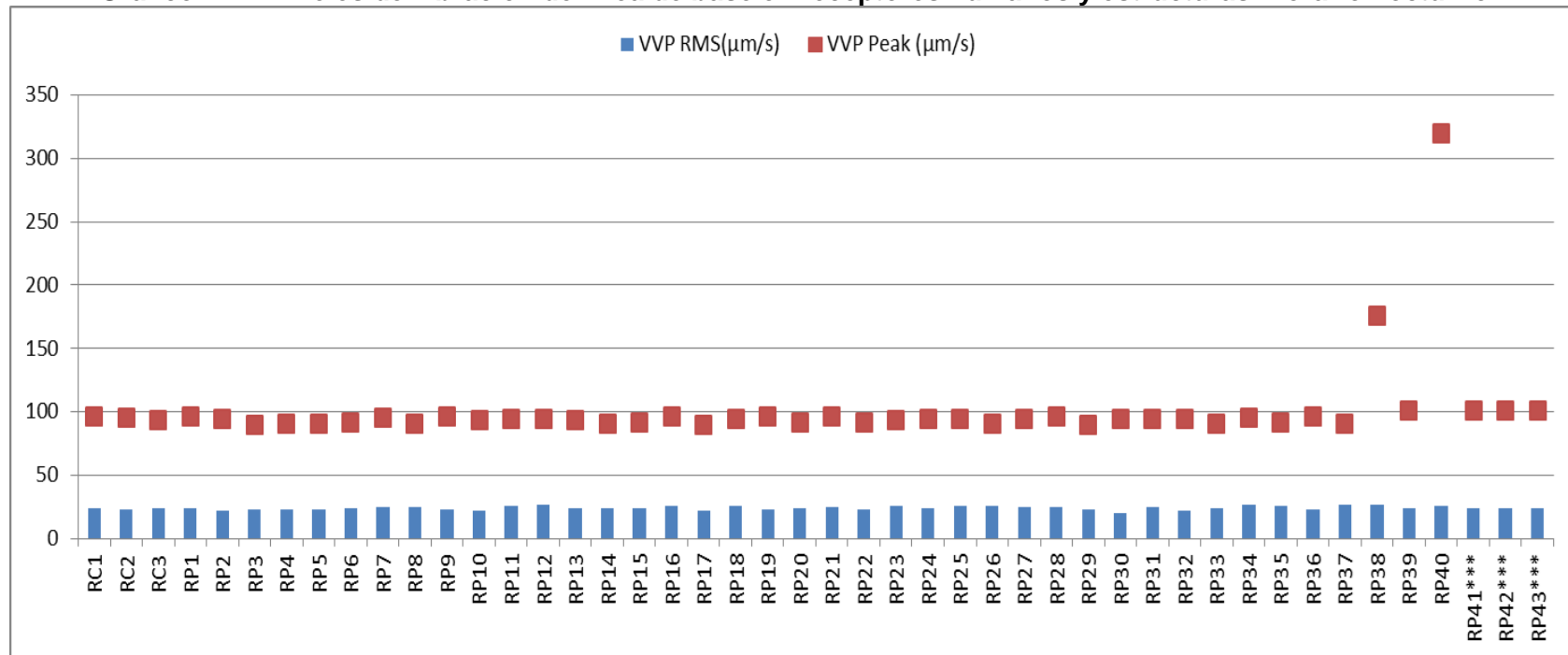


Gráfico VI-2: Niveles de vibración de línea de base en receptores humanos y estructuras. Horario nocturno



En términos globales, es posible advertir que los niveles de vibración diurnos oscilan entre 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en el Área El Chacay y entre 22 y 32 $\mu\text{m/s}$ en el Área Punta Chungo - Pupío, mientras que los niveles nocturnos oscilan entre 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en el Área El Chacay, y entre 20 y 27 $\mu\text{m/s}$ en el Área Punta Chungo - Pupío, correspondiendo a vibraciones producidas por el tránsito vehicular en los dos horarios. Los eventos puntuales con velocidades peak de hasta 320 $\mu\text{m/s}$ son producidos por camiones u otras fuentes de vibración con mayor nivel asociado.

- Nivel de presión sonora en receptores animales silvestres

Los resultados obtenidos de niveles de vibración en $\mu\text{m/s}$ en los puntos de medición de animales silvestres, durante el periodo nocturno y diurno, se detallan a continuación, en la Tabla VI-2:

Tabla VI-2: Niveles de vibración en receptores de animales silvestres de la línea de base del Proyecto. Horario diurno y nocturno

Receptor	Horario Diurno		Horario nocturno	
	VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak **($\mu\text{m/s}$)	VVP RMS*($\mu\text{m/s}$)	VVP Peak**($\mu\text{m/s}$)
AS1	23	72	25	83
AS2	25	99	25	99
AS3	25	93	24	93
AS4	25	95	25	95
AS5	26	94	26	94
AS6	28	95	27	95

*Valor cuadrático medio (RMS) de Velocidad Vertical de Partícula

**Valor máximo de Velocidad Vertical de Partícula

Los resultados también se han representado en el Gráfico VI-3 para horario diurno y en el Gráfico VI-4 para horario nocturno.

Gráfico VI-3: Niveles de vibración de línea de base en animales silvestres. Horario diurno

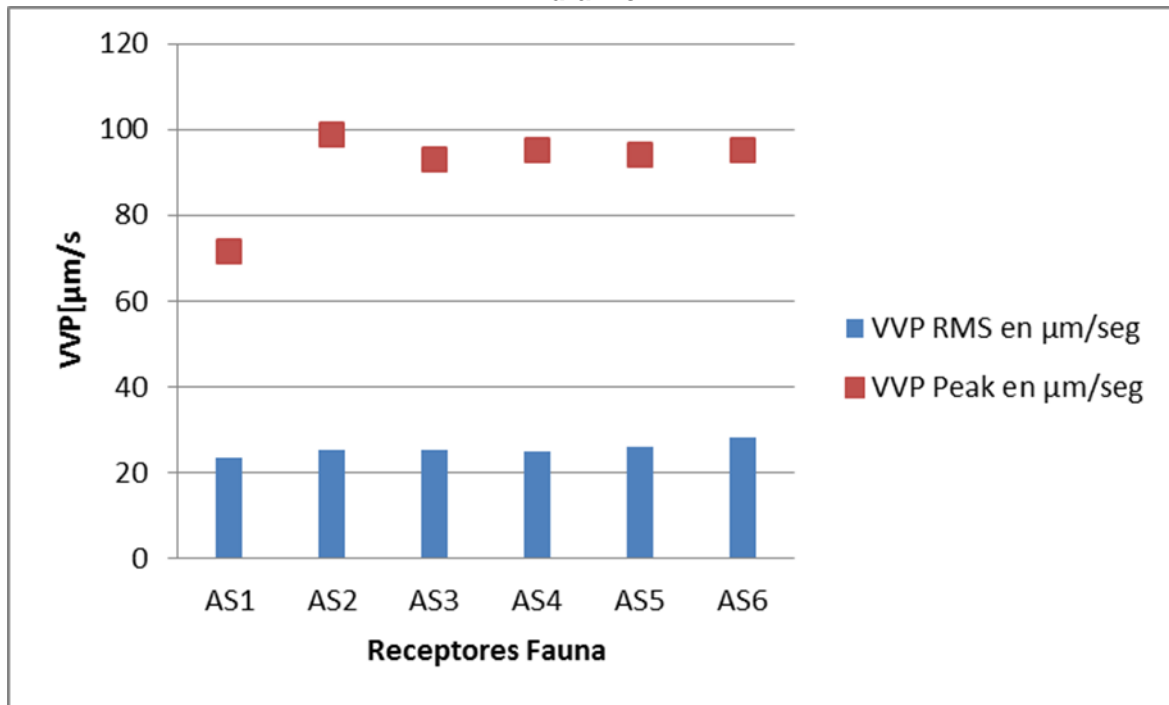
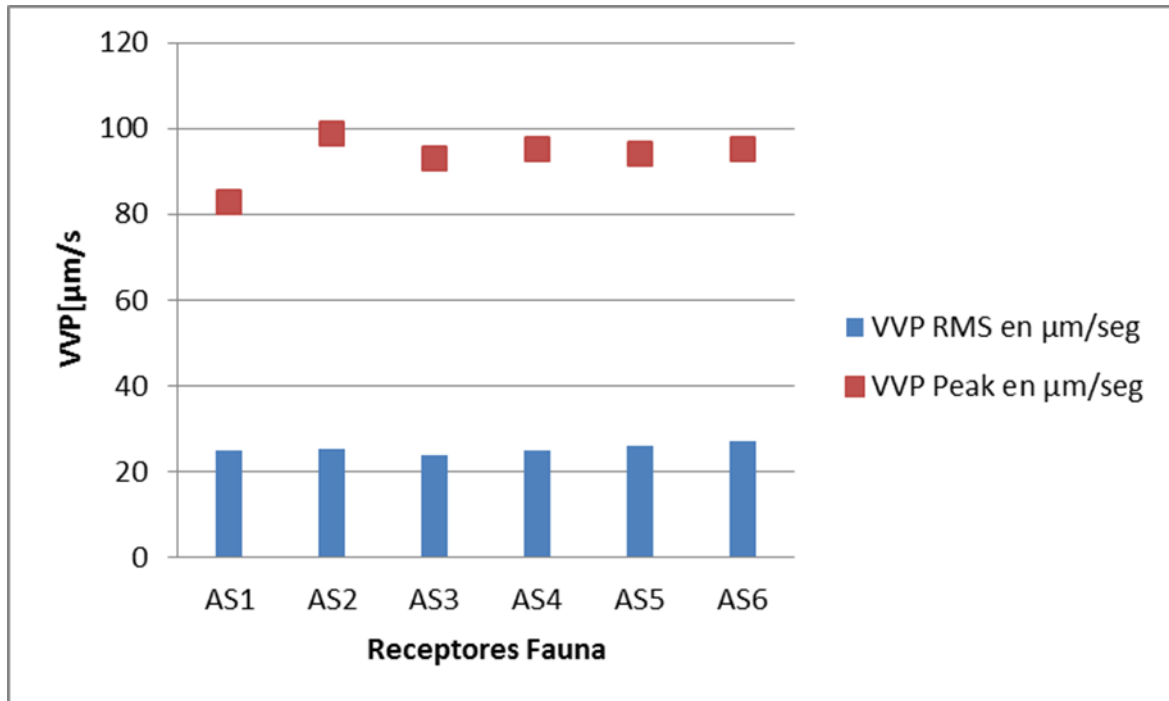


Gráfico VI-4: Niveles de vibración de línea de base en animales silvestres- Horario nocturno



Los niveles de vibración para animales silvestres en horario diurno oscilan entre 23 y 28 $\mu\text{m/s}$, mientras que los nocturnos oscilan entre 24 y 27 $\mu\text{m/s}$, la fuente son el tránsito vehicular en ambos períodos horarios.

3.3.6. Evolución del componente sin considerar la ejecución del Proyecto

La evolución del componente vibraciones sin considerar la ejecución del Proyecto dependerá si el área de influencia se mantiene estable sin modificaciones o si se incluyen en la misma alguna actividad o proyecto que pueda llegar a variar los niveles de vibraciones medidos.

En el Anexo LB-1 de este capítulo sobre los Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable y vigente que se relacionan con el Proyecto, se identificaron doce proyectos dentro del área de influencia, de los cuales cuatro no se han ejecutado¹² o no se dispone de información al respecto, que son los siguientes:

- DIA “Proyecto Tranque de Relaves Planta Tunquén” (RCA N°34/2003).
- DIA “Planta Solar Fotovoltaica Caracas” (RCA N° 084/2014).
- EIA “Plan de Expansión Chile LT 2x500 kV Cardones – Polpaico” (RCA N°1608/2015), y
- EIA “Proyecto El Espino” (RCA N°1/2016).

No obstante, el emplazamiento de todos estos Proyectos se localiza a más de 1 km de los receptores considerados, por tanto no influiría en una modificación del componente de vibraciones del Proyecto.

En consecuencia, en función de la información disponible sobre las actividades o proyectos a realizar en el área de influencia del Proyecto, la línea de base de niveles de vibraciones se mantendrá con valores similares a los obtenidos sin considerar la ejecución del Proyecto y sólo se vería modificado con un aumento de las actividades antrópicas en la zona.

3.3.7. Síntesis de los resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- El establecimiento de la línea de base de vibraciones del Proyecto, se ha realizado con la campaña de medición de niveles de vibraciones realizada para este Proyecto en octubre de 2015.
- En la campaña de medición, los valores de vibraciones obtenidos para receptores humanos y estructuras varían entre 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en el Área El Chacay, y entre 22 y 32 $\mu\text{m/s}$ en el Área Punta Chungo - Pupío en el horario diurno.
- En horario nocturno los niveles oscilan entre los 23 y 24 $\mu\text{m/s}$ en el Área El Chacay y entre 20 y 27 $\mu\text{m/s}$ en el Área Punta Chungo - Pupío.

¹² Información obtenida de <http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/RegistroRca>, se han seleccionado los proyectos en el que su estado de la Fase del Proyecto no está declarado y los que se declaran como no ejecutados

- La fuente de vibración predominante en los receptores considerados es principalmente el tráfico vehicular en horario diurno y horario nocturno.
- En los receptores de animales silvestres los niveles de vibración diurnos oscilan entre 23 y 28 $\mu\text{m/s}$, y los nocturnos oscilan entre 24 y 27 $\mu\text{m/s}$. La fuente es principalmente el tráfico vehicular en ambos horarios.

4. HIDRÓSFERA. RECURSOS HÍDRICOS CONTINENTALES

4.1 Calidad de aguas superficiales

RESUMEN

El área de influencia para el componente calidad de aguas corresponde al cauce del estero Pupío, desde la devolución de aguas del depósito de relaves el Mauro hasta la laguna Conchalí, incluido un punto de monitoreo en dicha laguna.

La calidad de las aguas superficiales en el área de influencia se caracterizó a partir de los registros del programa de monitoreo de MLP y de campañas de monitoreo realizadas en otoño, invierno y primavera de 2014 y 2015, caracterizándose los parámetros registrados mediante gráficos de evolución temporal, diagramas de Piper y diagramas de Stiff. Además, se usaron como referencia la norma de requisitos de calidad de aguas para riego NCh 1.333/78 y la “Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas” (CONAMA, 2004).

De acuerdo con el análisis de los parámetros relevantes para su caracterización, la media de las concentraciones de los parámetros medidos en el período de registro indica que las aguas del estero Pupío, en general, dan cumplimiento a la normativa NCh 1.333/78. Sus aguas son mayoritariamente bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, y de acuerdo con la Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas, pertenecen a la Clase 2 (de buena calidad, apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, para bebida de animales y para riego restringido).

Del análisis de los resultados de las campañas de terreno realizadas en 2014 y 2015 se corrobora la concordancia con los resultados observados en las estaciones que cuentan con monitoreo de MLP, ya que las concentraciones obtenidas en terreno son consecuentes con los registros históricos para los parámetros monitoreados.

4.1.1 **Objetivos**

Describir la calidad de las aguas superficiales del área de influencia considerada para el Proyecto. Para lo anterior, se ha considerado:

- a) Recopilar registros de análisis de calidad de aguas del Programa de Monitoreo de MLP;
- b) Identificar las estaciones de monitoreo relevantes para la caracterización del área de influencia;
- c) Analizar los registros en las estaciones determinadas para identificar la evolución temporal de la calidad de aguas del área de influencia;
- d) Comparar los resultados obtenidos con los límites de la Norma Chilena NCh 1.333/78 de Requisitos de Calidad del Agua para uso en riego; y
- e) Comparar los resultados obtenidos con los límites de las clases de calidad definidas en la “Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas”, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile (2004).

Cabe señalar que, de acuerdo con el análisis para la definición del área de influencia de esta componente (ver Capítulo 2 del presente EIA), el Proyecto no conlleva la afectación de aguas subterráneas, por lo que se prescinde del análisis de calidad de estas aguas.

4.1.2 Área de influencia

4.1.2.1 Criterios generales

Los criterios generales adoptados fueron aquellos que se derivan de lo señalado en el artículo 6 del RSEIA. De acuerdo a lo anterior, se determinó como área de influencia a aquella superficie que puede ser afectada en términos de calidad del agua superficial. Lo anterior dadas las ubicaciones específicas de las partes/obras y los métodos constructivos considerados por del Proyecto.

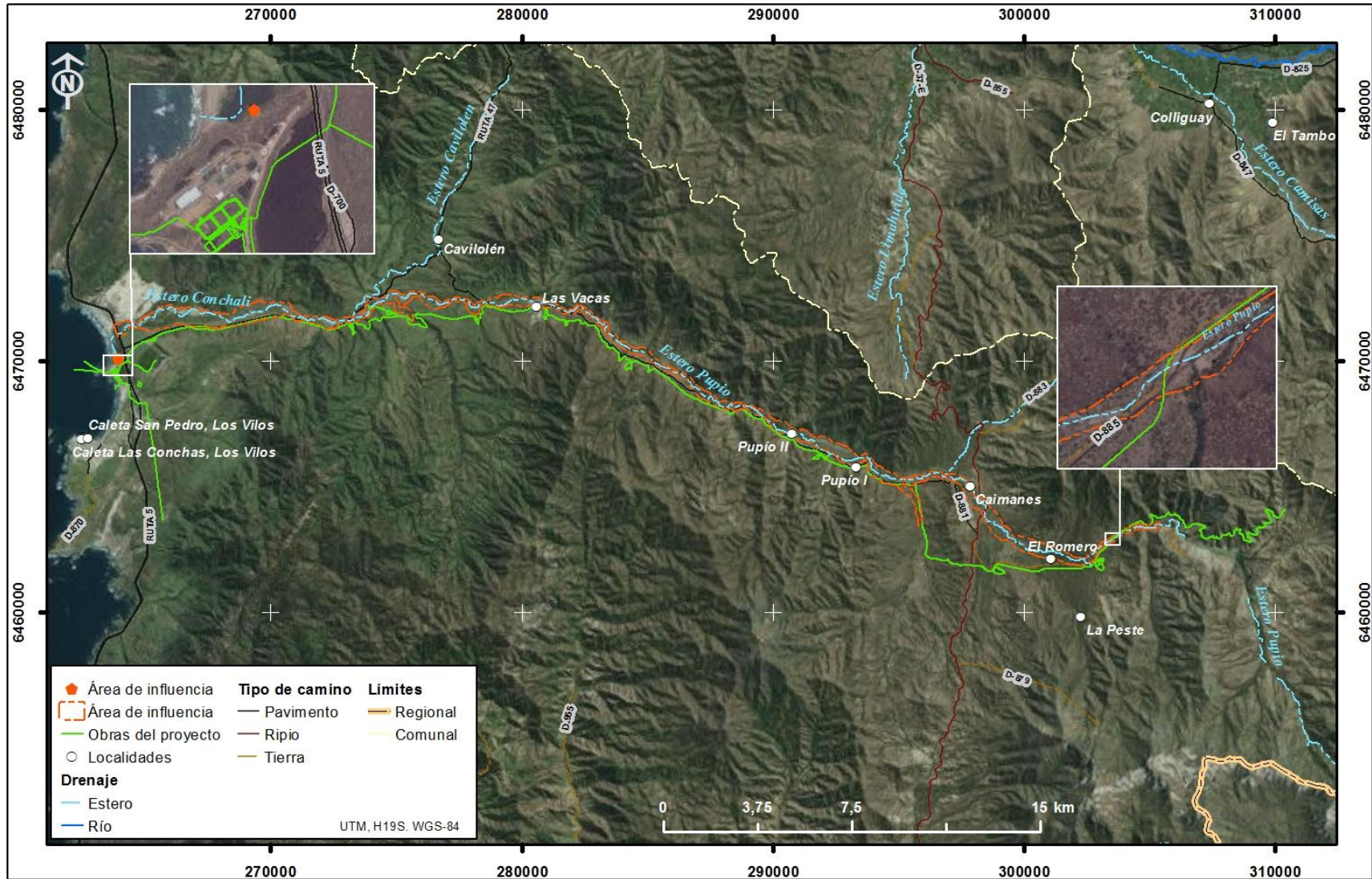
4.1.2.2 Aplicabilidad de criterios

Para el Área El Chacay, las obras proyectadas se emplazan en áreas ya intervenidas por el proyecto actual y no interfieren el escurrimiento del cauce del río de Los Pelambres, por lo que se descarta una afectación sobre la calidad de las aguas de este curso. En el Anexo LB-1 se entrega, a modo de contexto, información de cuatro (4) estaciones monitoras de calidad de aguas superficiales del río de Los Pelambres y dos (2) estaciones en sus afluentes.

El trazado de la tubería de impulsión de agua desalada en el Área Punta Chungo - Pupío cruza el cauce del estero Pupío en un sector. Esto significa que durante la Fase de Construcción existirá una potencial afectación de la calidad de las aguas producto de las obras de cruce y los movimientos de tierras asociados. Debido a que esta afectación es puntual y temporal dado el método constructivo definido, se considerará como susceptible de una potencial afectación por estas obras a un tramo de 300 m desde el punto del cruce inclusive, hacia aguas abajo.

Considerando lo anteriormente expuesto, el área de influencia para este componente en el Área Punta Chungo – Pupío, corresponde al cauce del estero Pupío desde el punto de devolución del canal de desvío, del tranque El Mauro, cercano a la quebrada Llau-Llau hasta antes de la laguna Conchalí, con la cual no presenta conexión. Además, se incluye un punto de monitoreo en la laguna Conchalí, con objeto de verificar que efectivamente se descarta una conexión con el estero Pupío. En la Figura CAG-1 se presenta esta área de influencia, con el detalle de aquel sector donde se emplazará el cruce con curso de agua. Cabe señalar que a partir de la confluencia con el estero Cavidolén, el estero Pupío pasa a llamarse estero Conchalí.

Figura CAG-1: Área de influencia. Componente calidad de aguas Área Punta Chungo – Pupío



4.1.3 Metodología

El análisis de la calidad de aguas superficiales en el área de influencia se basó en el análisis de los registros existentes de los monitoreos regulares que realiza MLP en atención a lo solicitado por la autoridad ambiental en las RCA N°71/1997 y RCA N°38/2004. También contempló la revisión del documento “Línea de base calidad de aguas superficiales EIA PD MLP, Región de Coquimbo, Chile”, Minera Los Pelambres, año 2012 (en adelante, MLP 2012c) y campañas de terreno de monitoreo de calidad de aguas realizadas por JIA en conjunto con SGS, en 2014 y 2015.

4.1.3.1 Recopilación de datos en gabinete

Como resultado de la recopilación de datos en gabinete, a continuación se identifican las resoluciones de calificación ambiental (RCA) en cuyos requisitos de aprobación se definieron las estaciones de monitoreo que conforman una parte de esta línea de base, así como los parámetros a medir en ellos.

Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Expansión Minera Los Pelambres 85.000 tpd”. RCA N°71/1997. Este documento estipula el monitoreo de calidad de aguas superficiales que conforma el Plan de Monitoreo de MLP. Incluye los siguientes puntos de interés para este estudio:

- Laguna Conchalí, ubicada en el área de Punta Chungo (estación 7AS).

Para esta estación de monitoreo se definen los parámetros a analizar y su frecuencia de monitoreo.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del “Proyecto Integral de Desarrollo”. RCA N°38/2004. En este documento se complementa el Plan de Monitoreo de MLP con la determinación de nuevas estaciones de monitoreo de calidad de aguas. Incluye los siguientes puntos de interés para el presente estudio:

- Estero Pupío a los pies del muro del depósito de relaves (estación AS4 El Mauro).
- Quebrada Llau-Llau (estación AS19).
- Santuario de la Naturaleza Laguna Conchalí (estación 7AS).

Para estos puntos se definen los parámetros a analizar y su frecuencia de monitoreo de acuerdo con lo descrito en las Tablas CAG-1 y CAG-2.

Los registros existentes de los análisis de muestras de calidad de aguas del Programa de Monitoreo de MLP, determinados en las RCA N°71/1997 y RCA N°38/2004 permiten una caracterización del área de influencia a través de listas parciales de los parámetros hidroquímicos establecidos en la Norma Chilena 1333.Of. 78 “Requisitos de calidad del agua para diferentes usos” en su parte de “Requisitos del agua para riego” (listado completo se analiza semestralmente y listados parciales LP1 y LP4 mensualmente, ver Tabla CAG-1) y en la Norma Chilena de calidad del agua potable, Parte 1 - Requisitos (NCh 409/1 Of. 05).

Los listados parciales considerados en los monitoreos mencionados se presentan en la Tabla CAG-1 a continuación.

Tabla CAG-1: Listados parciales de parámetros de la NCh 1.333/78 monitoreados en el área de influencia

LP1	LP4
pH	pH
Temperatura	Temperatura
Conductividad	Conductividad
Sulfato	Sulfato
Cobre	Cobre
Hierro	Manganeso
Sólidos Suspendidos Totales	Zinc
Oxígeno disuelto	Cadmio
	Arsénico
	Hierro
	Molibdeno

Las estaciones de monitoreo de interés para este estudio se presentan en la Tabla CAG-2 y en la Figura CAG-2, con la nomenclatura asignada en los monitoreos de MLP y adoptada en el citado informe MLP 2012c.

Tabla CAG-2: Estaciones de monitoreo de calidad de aguas superficiales en área de influencia

Estación	Ubicación	Parámetros	Frecuencia	Período de monitoreo	N°RCA
AS4	Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro	LP4+SST+SDT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 1.333/78	Semestral		
AS19	Quebrada Llau-Llau	LP4+CF+CT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 409/2005	Trimestral		
DGA1	Estero Pupío estación El Romero	LP4+CF+CT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 409/2005	Trimestral		
AS8	Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes	LP4+CF+CT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 409/2005	Trimestral		
AS7	Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)	LP4+CF+CT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 409/2005	Trimestral		
AS17	Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén	LP4+CF+CT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 409/2005	Trimestral		
AS14	Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA	LP4+SST+SDT	Mensual	2007 – 2014	38/2004
		NCh 1.333/78	Semestral		
7AS	Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo	LP1+CF+CT	Mensual	1998 - 2014	71/1997
		NCh 1.333/78	Semestral		

4.1.3.2 Campaña de terreno

Se realizaron campañas de terreno para el monitoreo de las estaciones relevantes para efectos de la caracterización de las aguas superficiales del área de influencia definida. Varias de las estaciones seleccionadas para las campañas de terreno coinciden con las estaciones del Programa de Monitoreo de MLP, de modo que se pudo contar con la data ya existente en éstas y realizar un análisis de la evolución temporal de los parámetros medidos. También se incluyeron estaciones de monitoreo que no pertenecían al programa de MLP exclusivamente para estas campañas, respondiendo a necesidades puntuales, tales como la caracterización de un afluente o de un cruce de un cauce relevante. En la Tabla CAG-3 se presentan las coordenadas de las estaciones contempladas para las campañas de monitoreo de calidad de aguas. En negrita se destacan las estaciones que son específicas de este estudio y que no coinciden con el Programa de Monitoreo de MLP.

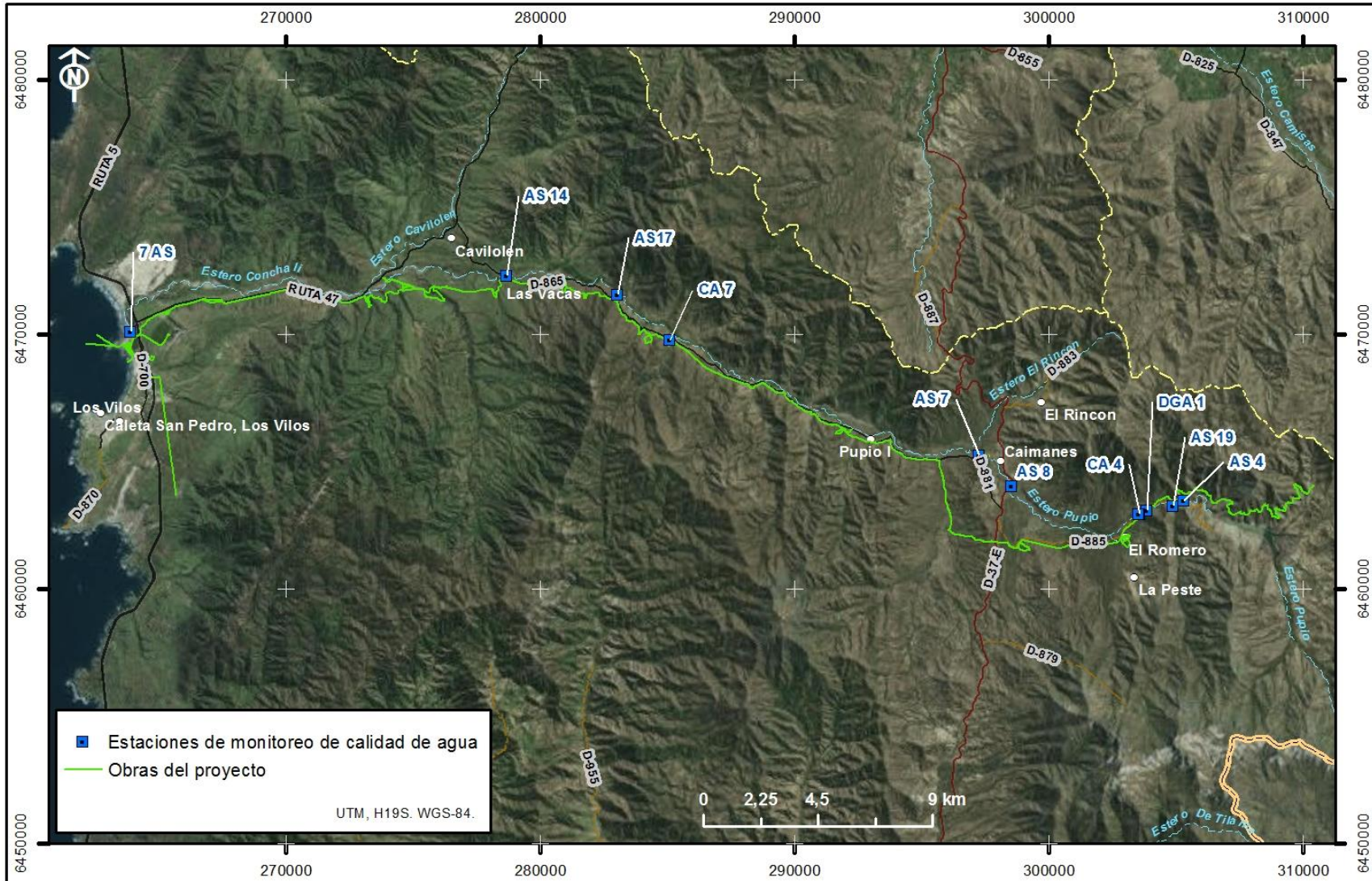
Tabla CAG-3: Coordenadas estaciones de monitoreo campaña de terreno de calidad de aguas

Estaciones	Coordenadas	
	Este (m)	Norte (m)
AS 4	305.340	6.463.456
AS 19	304.894	6.463.257
DGA 1	303.863	6.463.087
CA 4	303.570	6.462.924
AS 8	298.543	6.464.022
AS 7	297.257	6.465.238
CA 7	285.125	6.469.775
AS 17	283.038	6.471.574
AS 14	278.699	6.472.306
7 AS	263.916	6.470.087

Coordenadas WGS 84, Huso 19 sur

En la Figura CAG-2 se presenta la ubicación de todas las estaciones de monitoreo contempladas en la presente línea de base, incluyendo las estaciones exclusivas de la campaña de terreno. En ella se observa que las estaciones AS4, AS19 y DGA1 se emplazan en las cercanías del cruce del trazado proyectado sobre el estero Pupío y las estaciones restantes están se ubican aguas abajo del cruce, con excepción de la estación CA4 que se ubica en el mismo sector del cruce y la estación 7AS que se ubica en la laguna Cochali.

Figura CAG-2: Estaciones de monitoreo calidad de agua superficiales. Área Punta Chungo-Pupío



La campaña de terreno se inició en otoño de 2014 y continuó en invierno y primavera del mismo año. También se realizaron monitoreos en otoño, invierno y primavera de 2015. Para estas campañas, se consideró la toma de muestras para análisis de laboratorio de todos los parámetros listados en la Tabla CAG-4, a continuación.

Tabla CAG-4: Parámetros de monitoreo en estaciones de monitoreo campaña de calidad de aguas

Tipo	Parámetros
Parámetros físico-químicos Tabla N°1 NCh 1.333/78	Aluminio, Arsénico, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cianuro, Cloruro, Cobalto, Cobre, Cromo, Fluoruro, Hierro, Litio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Sodio porcentual, Sulfato, Vanadio y Zinc.
Parámetros microbiológicos Tabla N°3 NCh 1.333/78	Coliformes fecales
Parámetros adicionales	Bicarbonatos, Carbonatos, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, RAS, Dureza total, Nitratos y Turbiedad.

El muestreo y los análisis fueron realizados por el laboratorio SGS Chile Ltda., considerando la norma NCh 411/6.Of98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua, cuyo personal fue acompañado en terreno por profesionales de Jaime Illanes y Asociados Consultores S.A. Se consideró el balance iónico de los resultados para determinar su validez para el análisis.

La ubicación de estas estaciones se ilustra en la Figura CAG-2 anterior.

4.1.3.3 Análisis de evolución temporal y comparación con normativa de calidad de aguas

El análisis de evolución temporal de la calidad de aguas en las estaciones de monitoreo definidas se realizó considerando los parámetros de la lista LP4, por ser el listado parcial que contiene los parámetros de monitoreo solicitados por la RCA N° 38/2004 para monitoreo mensual de las aguas superficiales del área El Chacay (ver Tabla CAG-1). A este listado se agregan los sólidos disueltos totales con el fin de estudiar posteriormente la salinidad de las aguas. De esta manera, los parámetros que se analizarán a continuación serán:

In situ:

- pH
- Temperatura
- Conductividad

Físico-Químicos:

- Arsénico
- Cadmio
- Cinc
- Cobre
- Hierro
- Manganeso
- Molibdeno
- Sulfato
- Sólidos disueltos totales

Los resultados disponibles para todo el período de registro se graficaron para la visualización y análisis de su evolución temporal, separados por parámetros químicos.

Los registros se contrastaron con los límites máximos establecidos por la NCh 1.333/78 de requisitos de calidad de aguas para riego, a fin de referenciar las concentraciones presentes en el área de influencia, a falta de una normativa secundaria específica para los esteros Pupío y Conchalí.

Además, con el objeto de ampliar el análisis de calidad de agua superficial, se consideraron los criterios de límites de clases de agua, según “Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas”, la cual tiene como objetivo *“optimizar los resultados obtenidos del trabajo de elaboración de la Norma y Anteproyecto, además de servir de base técnica para la elaboración y homogeneización de las normas secundarias de calidad de aguas del país”* (CONAMA, 2004).

Para incluir en el análisis las normas secundarias de calidad ambiental para las aguas aptas para protección y conservación de las comunidades acuáticas y usos prioritarios, se consideran los límites de los parámetros relevantes para la caracterización físico-química de las aguas, utilizados para caracterizar el agua en 4 clases (ver Tabla CAG-5).

Tabla CAG-5: Límites de clases de norma secundaria de calidad ambiental⁽¹³⁾

Parámetro	Unidad	Clase de Excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Indicadores Físicos y Químicos					
Conductividad específica	µS/cm	<600	750	1500	2250
DBO ₅	mg/l	<2	5	10	20
Color aparente	Pt-CO	<16	20	100	>100
Oxígeno Disuelto	mg/l	>7,5	7,5	5,5	5
pH	Unidad	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
RAS	--	<2,4	3	6	9
Sólidos Disueltos	mg/l	<400	500	1000	1500
Sólidos Suspendidos	mg/l	<24	30	50	80
Temperatura	ΔT°C	<0,5	1,5	1,5	3
Inorgánicos					
Amonio	mg/l	<0,5	1	1,5	2,5
Cianuro	mg/l	<4	5	10	50
Cloruro	mg/l	<80	100	150	200
Fluoruro	mg/l	<0,8	1	1,5	2
Nitrito	mg/l	<0,05	0,06	>0,06	>0,06
Sulfato	mg/l	<120	150	500	1000
Sulfuro	mg/l	<0,04	0,05	0,05	0,05
Metales esenciales (disuelto)					
Boro	mg/l	<0,4	0,5	0,75	0,75
Cobre	mg/l	<7,2	9	200	1000
Cromo Total	mg/l	<8	10	100	100
Hierro	mg/l	<0,8	1	5	5
Manganeso	mg/l	<0,04	0,05	0,2	0,2

⁽¹³⁾ La tabla corresponde a un extracto del total de parámetros considerados para la propuesta de norma secundaria. No se han considerado los parámetros orgánicos y plaguicidas orgánicos, puesto que no pueden asociarse a la actividad del Proyecto ni están contemplados en los monitoreos analizados en este documento.

Parámetro	Unidad	Clase de Excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Molibdeno	mg/l	<0,008	0,01	0,15	0,5
Níquel	mg/l	<42	52	200	200
Selenio	mg/l	<4	5	20	50
Zinc	mg/l	<0,096	0,12	1	5
Metales No Esenciales (disuelto)					
Aluminio	mg/l	<0,07	0,09	0,01	5
Arsénico	mg/l	<0,04	0,05	0,1	0,1
Cadmio	mg/l	<1,8	2	10	10
Estaño	mg/l	<4	5	25	50
Mercurio	mg/l	<0,04	0,05	0,05	1
Plomo	mg/l	<0,002	0,0025	0,2	5
Indicadores Microbiológicos					
Coliformes fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	<10	1.000	2.000	5.000
Coliformes totales (NMP)	gérmenes/100 ml	<200	2.000	5.000	10.000

La definición para cada clase de agua es la siguiente:

- a) **Excepcional:** Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez forma parte del patrimonio ambiental de la República.
- b) **Clase 1:** Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.
- c) **Clase 2:** Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.
- d) **Clase 3:** Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las clases de calidad comprendidas entre la Clase Excepcional y la Clase 3, son aptas para la captación de agua para potabilizarla, según el tratamiento que se utilice.

Las aguas que excedan los límites establecidos para la clase 3, indicarán un agua de mala calidad (Clase 4), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios a los que se hizo referencia, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado o para aprovechamiento industrial (Conama, 2004).

Finalmente, el análisis de resultados contempla la elaboración de los diagramas de Stiff y Piper de cada muestra obtenida, a fin de representar la calidad del agua según los macroelementos presentes: calcio (Ca), sodio más potasio (Na +K) y magnesio (Mg), que corresponden a los cationes; y bicarbonatos (HCO₃), cloruros (Cl) y Sulfatos (SO₄), que corresponden a los aniones.

Diagrama de Stiff

Los Diagramas de Stiff representan la concentración de aniones (hacia la derecha) y cationes (hacia la izquierda) en semirrectas paralelas, uniendo los extremos generando un polígono. Sobre cada semirrecta se toma un solo ión.

La forma de las figuras resultantes da idea del tipo de agua, donde el valor de la concentración se expresa en mili equivalentes por litro (meq/l).

Diagrama de Piper

Los diagramas de Piper son diagramas triangulares ideales para representar tres componentes, (aniones y/o cationes) en forma simultánea, donde cada uno de los vértices de un triángulo equilátero representa uno de los componentes puros. Los cationes mayores corresponden a Na+K, Ca y Mg y los aniones mayores corresponden a Cl, HCO₃ y SO₄.

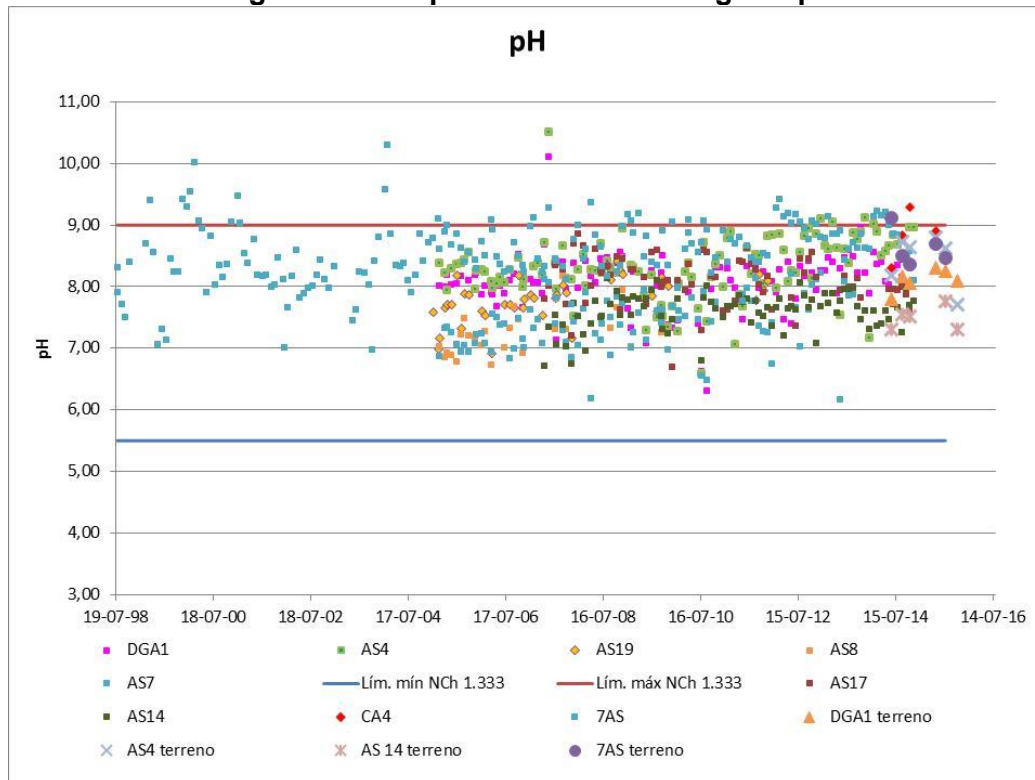
4.1.4 Resultados

A continuación se presentan los resultados del análisis temporal sobre la data de monitoreos de MLP para los períodos de registro definidos en la Tabla CAG-2 y la data recogida en las campañas de terreno de 2014 y 2015. En los gráficos siguientes, los resultados del monitoreo realizado en las campañas de terreno se distinguen de los resultados registrados por MLP en una misma estación agregando “terreno” al nombre de la estación, como se aprecia en la simbología de cada gráfico. Las estaciones de las campañas de terreno que no cuentan con data histórica (CA4 y CA7) también se representan en los gráficos a continuación, de acuerdo a si presentaban escorrentía superficial durante las campañas. Cabe destacar que de las estaciones incluidas en la campaña de terreno realizada en el área Punta Chungo-Pupío, sólo cinco (5) presentaron escurrimiento superficial durante las campañas de terreno: las estaciones AS4, DGA1, CA4, AS14 y 7AS. Las estaciones AS19, AS8, AS7, AS17 y CA7 se encontraban secas. Cabe indicar que durante la campaña de otoño de 2015, la estación AS14 también se encontraba seca.

4.1.4.1 Parámetros In Situ

a) pH

Figura CAG-3: pH Área Punta Chungo-Pupío



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

Según se observa en la Figura CAG-3, las aguas en esta estación son moderadamente básicas, observándose sólo mediciones aisladas que exceden el límite superior para este parámetro según la norma NCh 1.333/78 para uso en riego ($5,5 < \text{pH} < 9$), alcanzando un máximo y un mínimo de 10,5 y 6,6, respectivamente. A partir de 2010, se detecta un ligero aumento del pH, que de un promedio cercano a 8 pasa a un promedio de 8,5.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

Las aguas de esta estación fueron muestreadas solamente hasta 2011, fecha a partir de la cual se encuentra seca. Según se observa en la Figura CAG-3, las aguas en esta estación eran ligeramente básicas, variando alrededor de un promedio de 7,8 en un rango de 6,91 a 8,42.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

En esta estación se observan aguas con una leve tendencia básica que se mantiene en el tiempo. En el período de medición se alcanza un mínimo de 6,3 y un máximo de 10,1, aunque este máximo es puntual y durante el registro de medición se da cumplimiento a los límites de la norma NCh 1.333/78 con un pH promedio de 8,1.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

Se observa una tendencia básica en el pH de esta estación, que supera el límite máximo de la norma NCh 1.333/78 en forma puntual en primavera de 2014, llegando a 9,3. En otoño de 2015 vuelve a encontrarse dentro del límite normado.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Las aguas de esta estación fueron muestreadas solamente hasta 2008, fecha a partir de la cual se encuentra seca. Esta estación muestra un comportamiento neutro, con un promedio de 7,3 en el período de registro y extremos de 6,72 y 8,17. Durante todo el período de registro da cumplimiento a los límites de la norma NCh 1.333/78 (pH entre 5,5 y 9).

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)

Las aguas de esta estación fueron muestreadas solamente hasta 2013, fecha a partir de la cual se encuentra seca. El pH medido en esta estación varía entre un mínimo de 6,2 y máximo puntual de 9,3, aunque al igual que la estación AS8 aguas arriba, da cumplimiento a los límites de la norma NCh 1.333/78 durante todo el período de registro, manteniéndose alrededor de 7,5.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

El pH en esta estación se mantiene dentro de los límites de la norma y muestra una tendencia ligeramente básica, variando alrededor de 6,7 y 8,9, con un promedio de 8,1 sin una tendencia a aumentar.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

En esta estación las aguas del estero Pupío retoman un pH cercano al neutro, que se mantiene alrededor de un promedio de 7,6, variando entre 6,7 y 8,1 durante el período de registro.

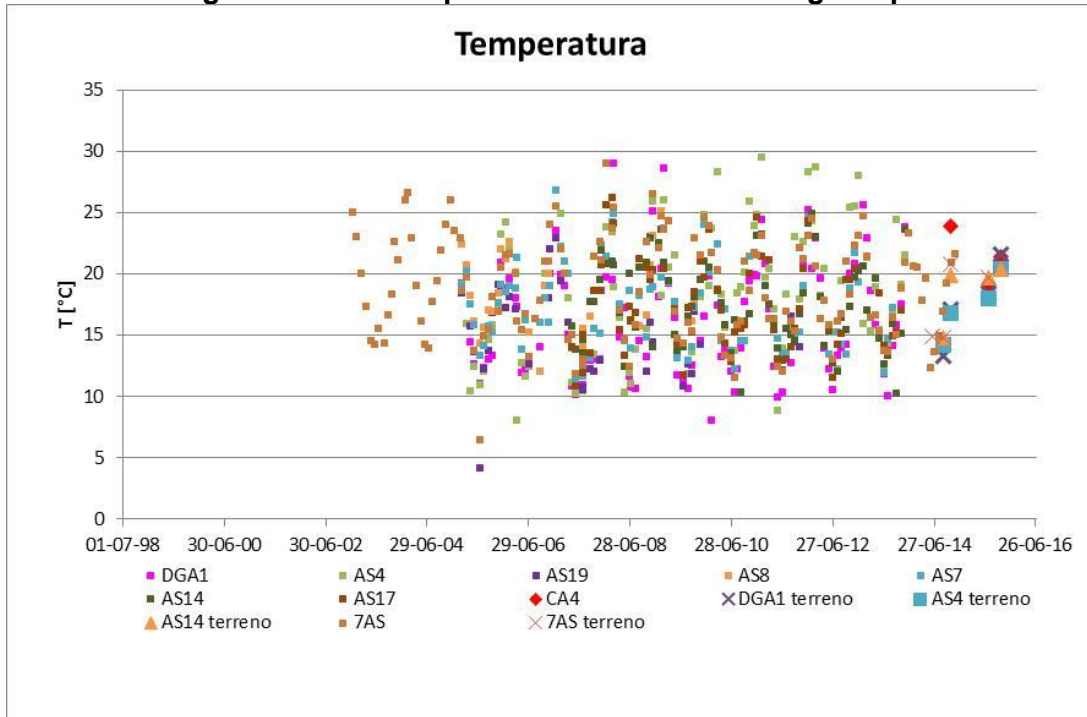
- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo

El pH en la laguna Conchalí tiende a básico, superando en reiteradas ocasiones el límite máximo de la NCh 1.333/78. Alcanza un máximo de 10,3 y un mínimo de 6,7, manteniendo un promedio de 8,5 durante el período de registro, sin una tendencia observable a aumentar o disminuir.

Análisis: Se observa que las aguas del estero Pupío muestran un pH levemente básico a lo largo de todo su desarrollo, con excepción de los puntos AS8 y AS7, cercanos a Caimanes, y AS14, aguas abajo de la Mina Las Vacas. La Laguna Conchalí, por su parte, muestra un pH marcadamente básico.

b) Temperatura

Figura CAG-4: Temperatura Área Punta Chungo-Pupío



Se observa que el parámetro temperatura muestra una oscilación anual en todas las estaciones, llegando a mínimos que varían alrededor de 10°C en los meses de invierno y a máximos de cerca de 25°C. La menor temperatura se registra en la estación AS19 en julio de 2005, cuando se miden 4,1°C. La máxima llega a 29,5°C en la estación AS4.

c) Conductividad Específica (CE)

Debido a las magnitudes de la concentración de CE en la laguna Conchalí, la estación 7AS se graficó separada de las demás estaciones.

Figura CAG-5: CE Área Punta Chungo-Pupío

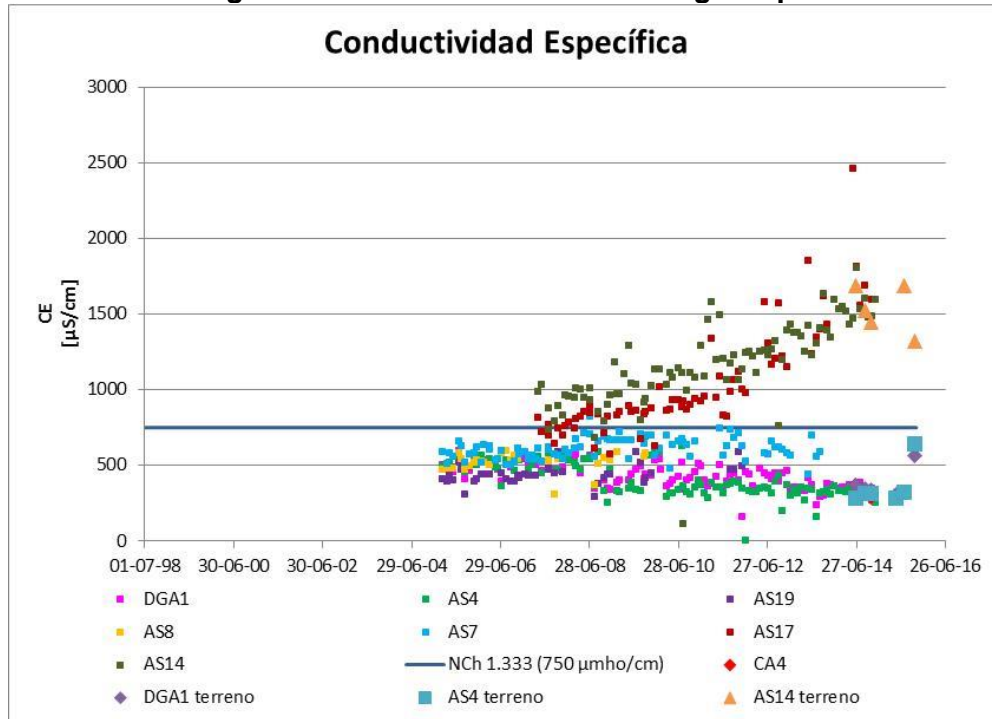
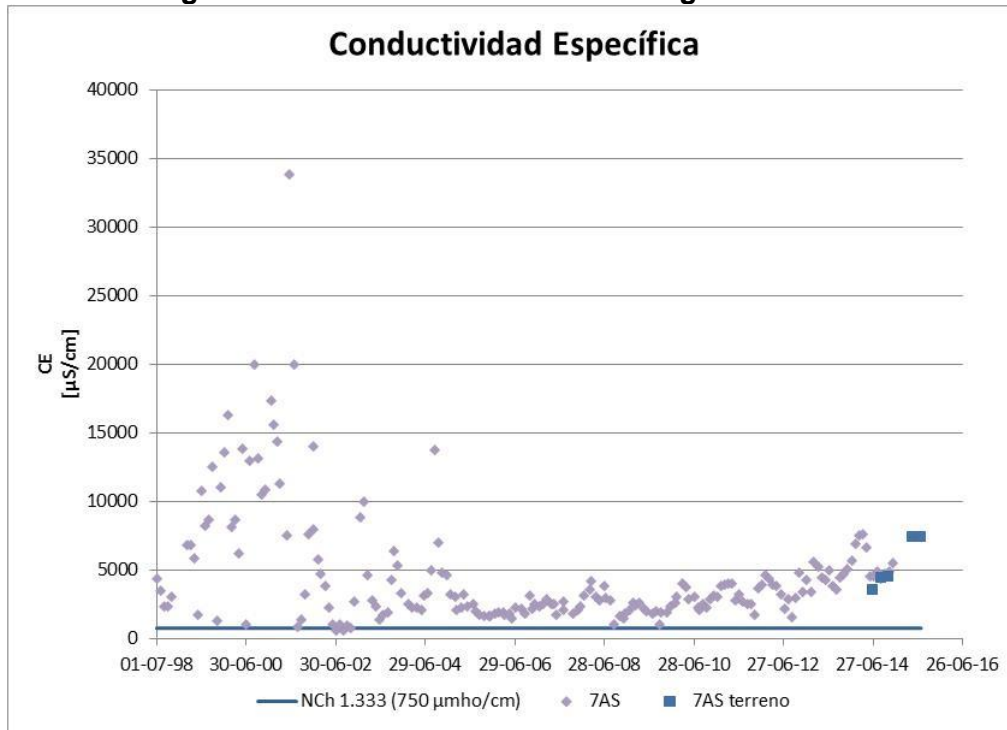


Figura CAG-6: CE estación 7AS en Laguna Conchalí



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

Según se observa en la Figura CAG-5, las aguas en esta estación cumplen el límite de la NCh 1.333/78, variando alrededor de 424 $\mu\text{mho/cm}$, con un máximo de 689 $\mu\text{mho/cm}$. Se aprecia una reducción de las concentraciones a partir del año 2008.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

La CE en esta estación se mantiene relativamente estable alrededor de 441 $\mu\text{mho/cm}$ a lo largo del período de monitoreo, bajo el límite de la norma NCh 1.333/78. Alcanza un máximo de 591 $\mu\text{mho/cm}$.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

Esta estación muestra valores de CE que disminuyen levemente a lo largo del período de registro. En promedio, se miden 443 $\mu\text{mho/cm}$ y el máximo llega a 598 $\mu\text{mho/cm}$, valores que se mantienen siempre dentro del límite de la norma NCh 1.333/78.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

La salinidad representada por la conductividad específica en esta estación se mantiene baja en relación al límite normado, con un promedio de 333 $\mu\text{mho/cm}$.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Aguas arriba de Caimanes la CE se mantiene dentro del límite de la norma NCh 1.333/78, con un promedio de 517,3 $\mu\text{mho/cm}$ y un máximo de 597 $\mu\text{mho/cm}$. Esta estación sólo cuenta con mediciones hasta 2009, fecha a partir de la cual el lecho se encuentra seco en esta estación.

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Badén)

Aguas abajo de Caimanes se aprecia un leve aumento en la CE con respecto a lo medido en la estación AS8 aguas arriba, que se mantiene sin grandes variaciones alrededor de 610 $\mu\text{mho/cm}$.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

Esta estación muestra un marcado ascenso de los niveles de CE respecto de las estaciones anteriores, sobrepasando el límite de la norma con una tendencia al aumento. En el período de registro se mide un máximo de 1.847 $\mu\text{mho/cm}$. El promedio del período es de 962,1 $\mu\text{mho/cm}$.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

Al igual que la estación AS17 aguas arriba, esta estación muestra niveles ascendentes de CE, que superan la norma en todo el período de registro. El promedio del período es de 1.106 $\mu\text{mho/cm}$, y el máximo de 1.630 $\mu\text{mho/cm}$.

- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en Punta Chungo

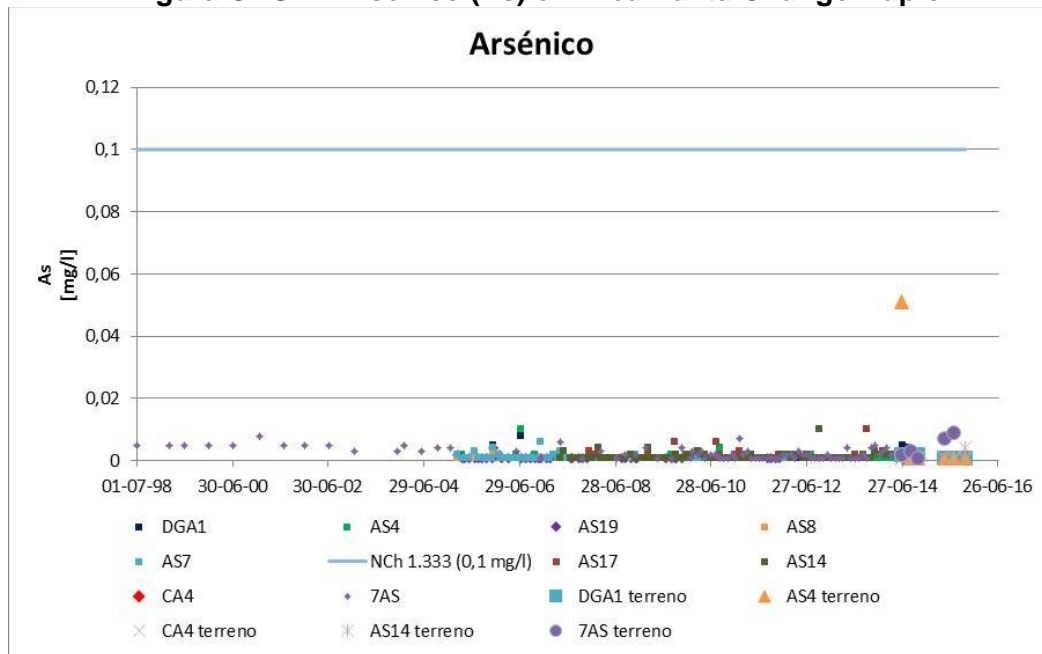
El CE en la laguna Conchalí es marcadamente más alta que la registrada en el estero Pupío, presuntamente por efecto de la intrusión salina de las aguas de mar, principalmente entre 1997 y 2004, cuando alcanza sus mayores magnitudes. A partir de 2004 se estabiliza y muestra un leve aumento en los últimos años de registro. Alcanza un máximo de 33.800 $\mu\text{mho/cm}$, y un mínimo de 573 $\mu\text{mho/cm}$ en 2002, con un promedio de 4.475 $\mu\text{mho/cm}$ durante el período de registro.

Análisis: Para la conductividad específica se observa un claro aumento de concentración desde aguas arriba hacia aguas abajo del estero Pupío. La Laguna Conchalí, por su parte, muestra magnitudes mucho más elevadas, asociadas a la alta salinidad producto de la influencia marina.

4.1.4.2 Parámetros Físico-Químicos

- a) Arsénico

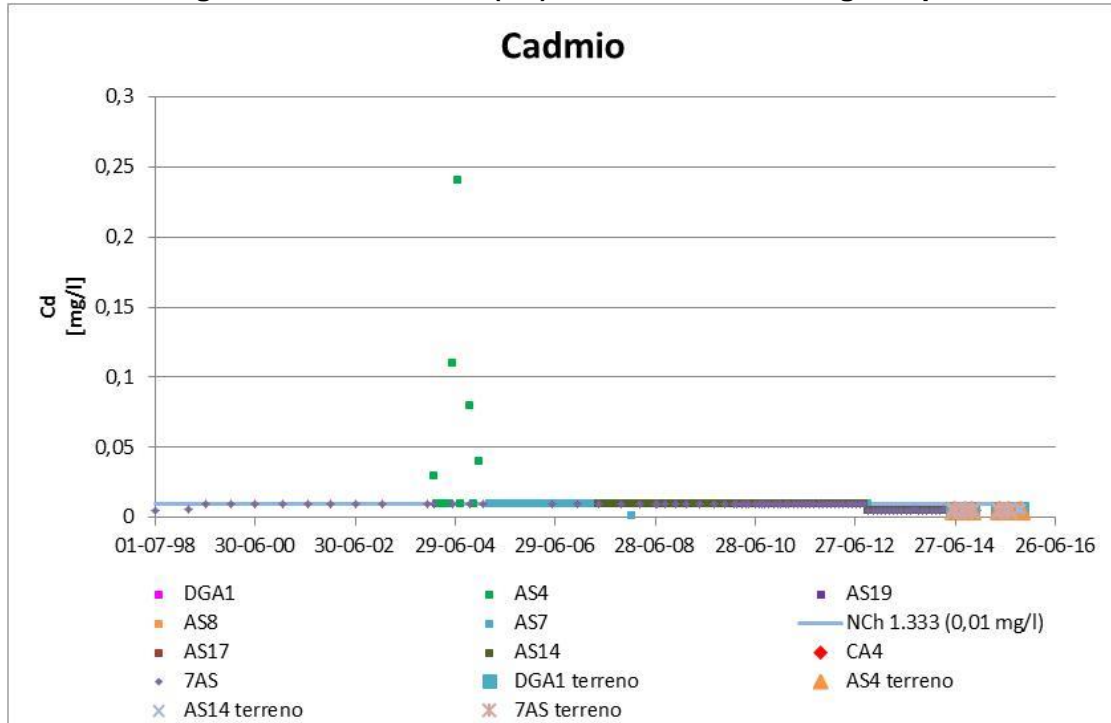
Figura CAG-7: Arsénico (As) en Área Punta Chungo-Pupío



Se observa que este parámetro se mantiene muy por debajo del límite de la norma NCh 1.333/78 en todas las estaciones de esta área (0,1 mg/l). Excepto por situaciones puntuales, no supera los 0,01 mg/l, manteniéndose en general bajo el límite de detección del laboratorio, correspondiente a 0,001 mg/l.

b) Cadmio

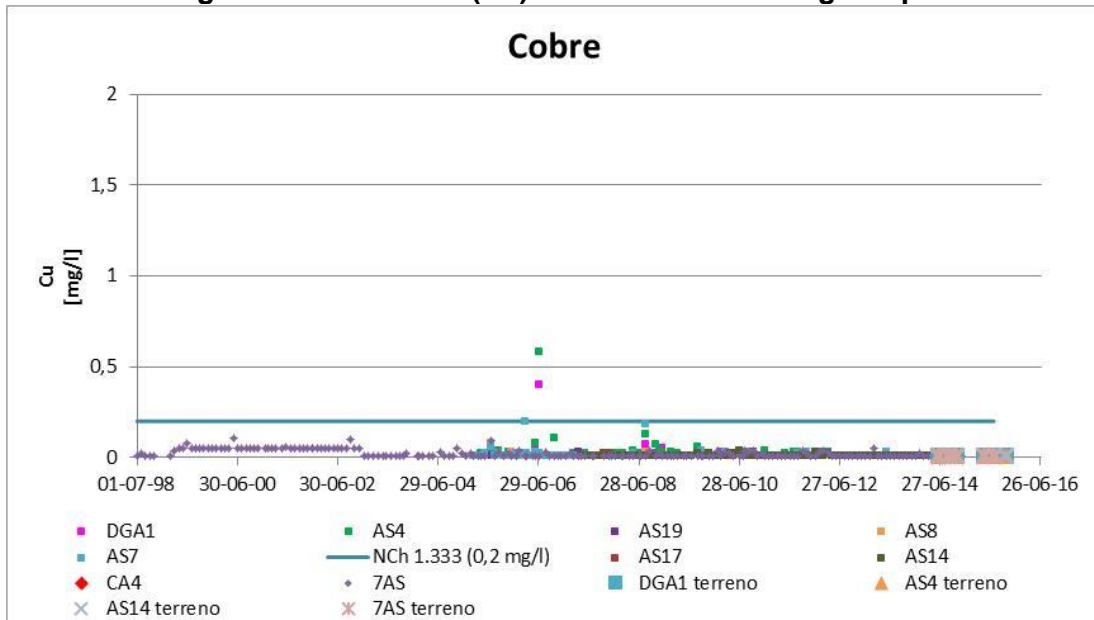
Figura CAG-8: Cadmio (Cd) en Área Punta Chungo-Pupío



Se observa que este parámetro se mantiene bajo el límite de detección del laboratorio, correspondiente a 0,01 mg/l, hasta 2012. A partir de ese año, el límite de detección se afina a 0,005 mg/l, valor que no se sobrepasa en ninguna estación, con excepción de la estación AS4, ubicada aguas abajo del Tranque El Mauro. En ésta se observan concentraciones de cadmio superiores al límite de 0,01 mg/l de la norma NCh 1.333/78 medidas en 2004 y 2005, previo a la operación del tranque.

c) Cobre

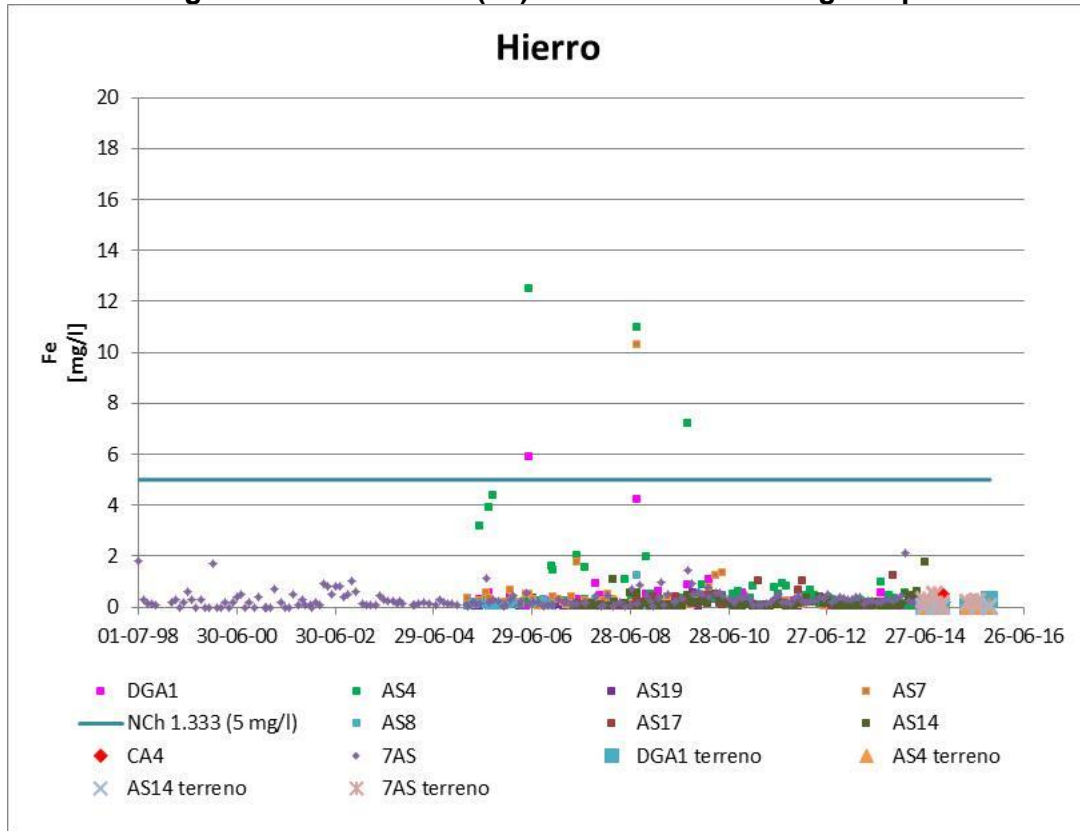
Figura CAG-9: Cobre (Cu) en Área Punta Chungo-Pupío



Se observa que las concentraciones de cobre en las aguas superficiales son muy bajas, manteniéndose por lo general bajo el límite de detección de 0,01 mg/l del laboratorio. Los registros puntuales donde se observan valores más altos que superan el límite de 0,2 mg/l de la norma NCh 1.333/78 pertenecen a las estaciones AS4 y DGA1, medidos en 2006.

d) Hierro

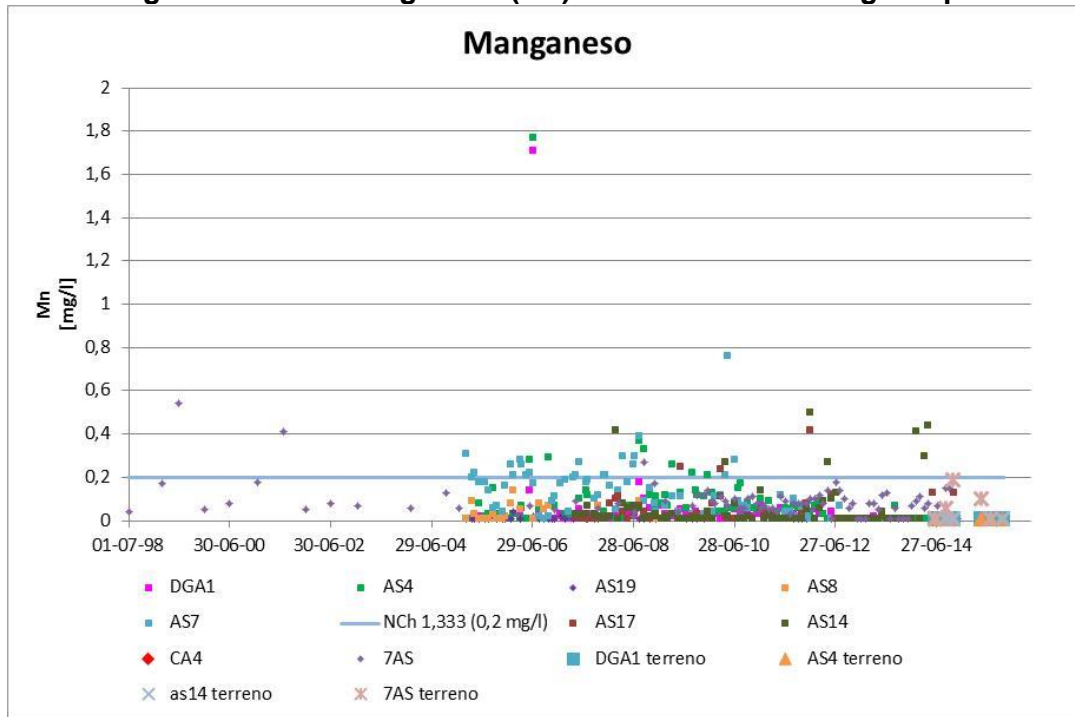
Figura CAG-10: Hierro (Fe) en Área Punta Chungo-Pupío



Se observa que a lo largo de todo el tramo del estero Pupío las concentraciones de hierro se mantienen en general bajo 0,15 mg/l, con pocas excepciones. Los registros puntuales donde se supera este valor e inclusive el límite de la norma NCh 1.333/78 (5 mg/l) pertenecen a las estaciones AS4 y DGA1 y ocurren entre 2006 y 2009.

e) Manganeso

Figura CAG-11: Manganeso (Mn) en Área Punta Chungo-Pupío



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

Esta estación presenta concentraciones de manganeso bajo el límite de la norma NCh 1.333/78 (0,2 mg/l) durante la mayor parte del período de registro, alcanzando valores bajo 0,01 mg/l (límite de detección del laboratorio) y un máximo de 1,77 mg/l, con un promedio de 0,1 mg/l. Los registros de valores sobre la norma en esta estación ocurren en 2006, 2008 y 2009.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

Las concentraciones de manganeso en esta estación son muy bajas, manteniéndose bajo un máximo de 0,04 mg/l a lo largo de todo el período de registro.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

Esta estación muestra valores de Mn bajos que permanecen dentro del límite normado por la NCh 1.333/78, con un promedio de 0,06 mg/l. En 2006 se observa, sin embargo, un valor puntual de concentración superior a la norma, que alcanza 1,7 mg/l, que ocurre en conjunto con una superación de la norma en la estación AS4 aguas arriba.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

La concentración de manganeso registrada en 2014 en esta estación se mantiene muy baja, alcanzando un máximo de 0,5 mg/l en primavera de ese año.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Las concentraciones de manganeso en esta estación permanecen muy bajas, variando alrededor de 0,04 mg/l, sin superar 0,15 mg/l en todo el período.

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)

En esta estación aguas abajo de Caimanes la concentración de manganeso supera la norma en varios registros entre 2005 y 2008, a partir de cuando muestra una tendencia a estabilizarse bajo el límite normado. Alcanza, un máximo de 0,76 mg/l con un promedio de 0,12 mg/l.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

Los valores de manganeso en esta estación se mantienen bajos a lo largo de todo el período, variando alrededor de 0,06 mg/l. Sin embargo, hacia 2010 empieza a mostrar registros puntuales sobre el límite de la norma (0,2 mg/l), llegando a un máximo de 0,42 mg/l en 2012.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

Esta estación se comporta de manera muy similar a la estación AS17 aguas arriba, mostrando una concentración baja de manganeso (0,05 mg/l en promedio) con casos puntuales de superación de la norma que llegan a un máximo de 0,5 mg/l. Con excepción de estos máximos, las concentraciones de manganeso en esta estación se mantienen bajo el límite de la norma de forma estable, sin fluctuaciones importantes.

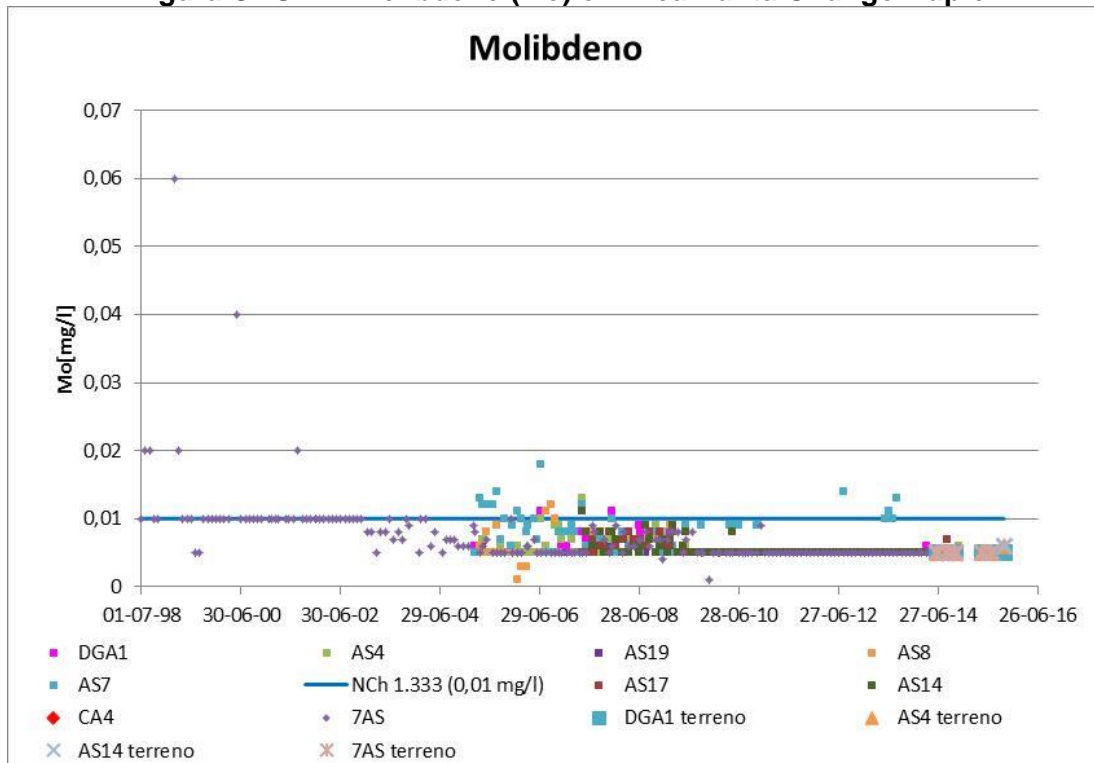
- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo

Las concentraciones de manganeso registradas en la laguna Conchalí se mantienen en general bajo el límite de la norma NCh 1.333/78, con excepciones puntuales previas al año 2002. Alcanza un máximo de 0,54 mg/l y varía alrededor de un promedio de 0,09 mg/l durante el período de registro.

Análisis: No se observa una tendencia clara o evolución de este parámetro a lo largo del estero Pupío, el que se mantiene en general bajo el límite de la norma, con excepción del punto AS7 aguas abajo de la localidad de Caimanes durante el período 2005 y 2008. En la laguna Conchalí, no se supera la norma para el manganeso.

f) Molibdeno

Figura CAG-12: Molibdeno (Mo) en Área Punta Chungo-Pupío



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

A excepción de un registro en 2007, esta estación presenta concentraciones de molibdeno generalmente bajo el límite de la norma NCh 1.333/78 (0,01 mg/l), variando alrededor de un promedio de 0,006 mg/l.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

Las concentraciones de molibdeno en esta estación se mantienen bajo un límite de 0,04 mg/l a lo largo de todo el período de registro.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

Esta estación muestra valores de Mo que permanecen dentro del límite normado por la NCh 1.333/78, con un promedio de 0,006 mg/l. No obstante, en 2006 y 2008 se observan registros puntuales que alcanzan 0,11 mg/l.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

La concentración de molibdeno en esta estación es inferior al límite de detección de 0,005 mg/l del laboratorio.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Las concentraciones en esta estación se mantienen alrededor de 0,006 mg/l, bajo la norma NCh 1.333/78, con un solo registro puntual que asciende a 0,012 mg/l en 2006.

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)

Aguas abajo de Caimanes la concentración de manganeso permanece en general dentro del límite de la norma, aunque presenta varios episodios puntuales a lo largo del período de registro donde la supera, alcanzando un máximo de 0,018 mg/l en 2006.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

Los valores de molibdeno en esta estación se mantienen bajos a lo largo de todo el período, variando alrededor de 0,005 mg/l, sin superar un máximo de 0,008 mg/l.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

Esta estación se comporta de manera muy similar a la estación AS17 aguas arriba, mostrando una concentración baja de manganeso (0,08 mg/l en promedio), con un solo caso puntual de superación de la norma en 2007 (0,011 mg/l).

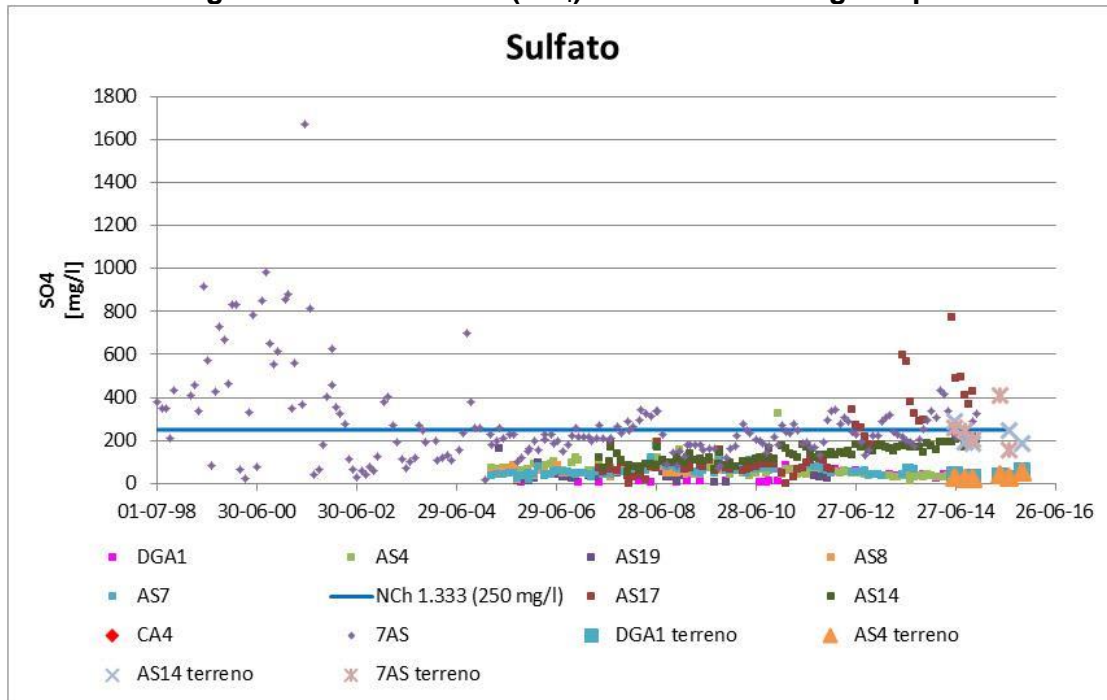
- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo

Las concentraciones de molibdeno en esta estación alcanzan valores sobre la norma NCh 1.333/78 hasta el año 2001, desde cuando se estabilizan en valores inferiores al límite de detección del laboratorio (0,01 mg/l y desde 2003, 0,005 mg/l). El máximo alcanzado es de 0,06 mg/l.

Análisis: Este parámetro no muestra una tendencia clara hacia aguas abajo en el estero Pupío. En general, se registran concentraciones de molibdeno bajo el límite de detección del laboratorio, como también ocurre en la laguna Conchalí a partir de 2001.

g) Sulfato

Figura CAG-13: Sulfato (SO₄) Área Punta Chungo-Pupío



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

Esta estación muestra concentraciones bajas de sulfato con un promedio de 63,9 mg/l y un solo registro que supera la norma NCh 1.333/78 (250 mg/l) y alcanza 327 mg/l en 2010.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

Las concentraciones de sulfato en esta estación permanecen bajas a lo largo de todo el período, con un máximo de 160 mg/l y un promedio de 40 mg/l.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

Esta estación muestra los valores más bajos de sulfato de las estaciones medidas. En promedio, su concentración es de 42,5 mg/l, llegando a un máximo de 106 mg/l.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

Se miden niveles de sulfato bajos en esta estación durante el período de registro. Estos varían poco y alcanzan un máximo de 39 mg/l en otoño de 2014.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Las concentraciones de sulfato en esta estación se mantienen relativamente constantes, con un promedio de 52,7 mg/l y un máximo de 94 mg/l.

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)

Las concentraciones de sulfato en esta estación presentan un promedio de 59,8 mg/l y un máximo de 174 mg/l.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

Esta estación muestra concentraciones de sulfato relativamente constantes hasta 2011, en cumplimiento con la norma NCh 1.333/78, con un promedio de 82 mg/l. A partir de 2012 estas concentraciones se disparan superando el límite normado de manera sostenida, alcanzando los 600 mg/l en 2013.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

Las concentraciones de sulfato en esta estación no superan el límite de la norma, pero, sin embargo, muestran una leve tendencia creciente, con un promedio de 127 mg/l y un máximo de 187 mg/l en todo el período de registro.

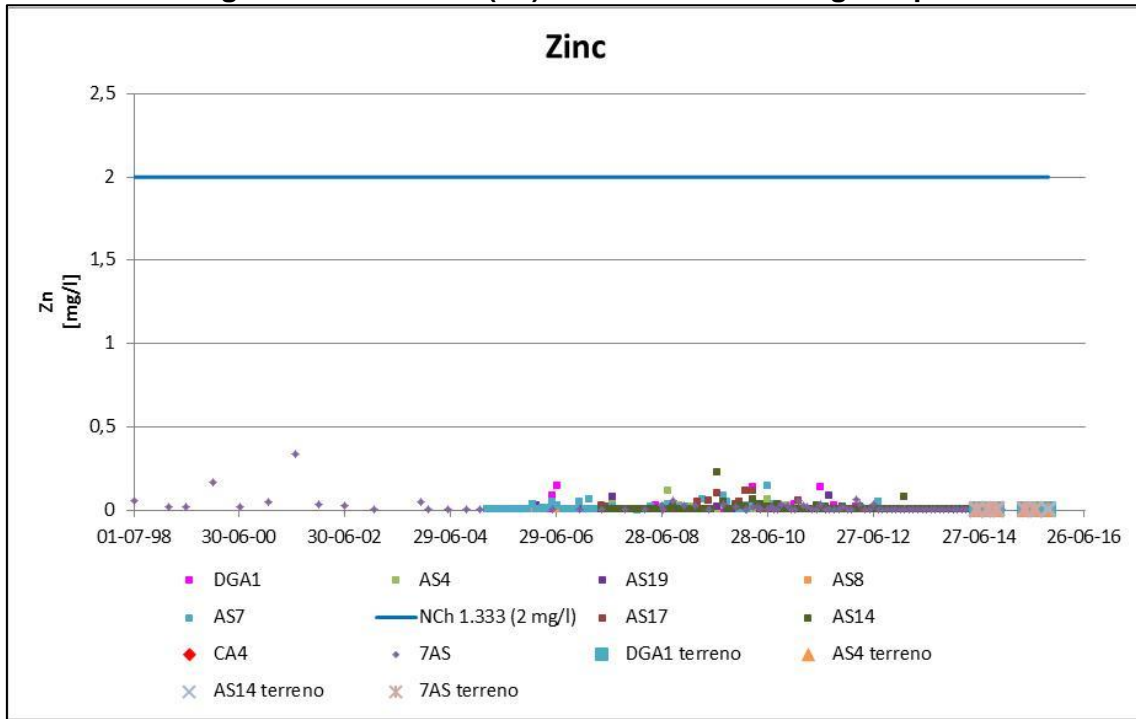
- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo

El sulfato en la laguna Conchalí supera el límite de la norma NCh 1.333/78 reiteradamente a lo largo del período de registro, aunque a partir de 2004 se observa un descenso en las concentraciones medidas, que desde entonces empiezan a variar alrededor de 1.672 mg/l y el promedio de todo el período es de 277 mg/l.

Análisis: En general, las concentraciones de sulfato son más bajas en las estaciones ubicadas en la parte alta y media del estero, mostrando un incremento hacia su parte baja (AS17 y AS14).

h) Zinc

Figura CAG-14: Zinc (Zn) en Área Punta Chungo-Pupío



Se observa en la Figura CAG-14 que en todas las estaciones de esta área se midieron concentraciones de zinc muy bajas, inferiores a 0,3 mg/l. No se registran episodios de superación del límite de la norma NCh 1.333/78 (2 mg/l).

i) Sólidos Disueltos Totales

En las Figuras CAG-15 y CAG-16 se presenta el desarrollo de este parámetro en el tiempo para las estaciones de monitoreo de interés en el área Punta Chungo-Pupío. La estación 7AS se graficó por separado debido a la diferencia de las magnitudes alcanzadas con respecto a las demás estaciones.

Figura CAG-15: SDT Área Punta Chungo-Pupío

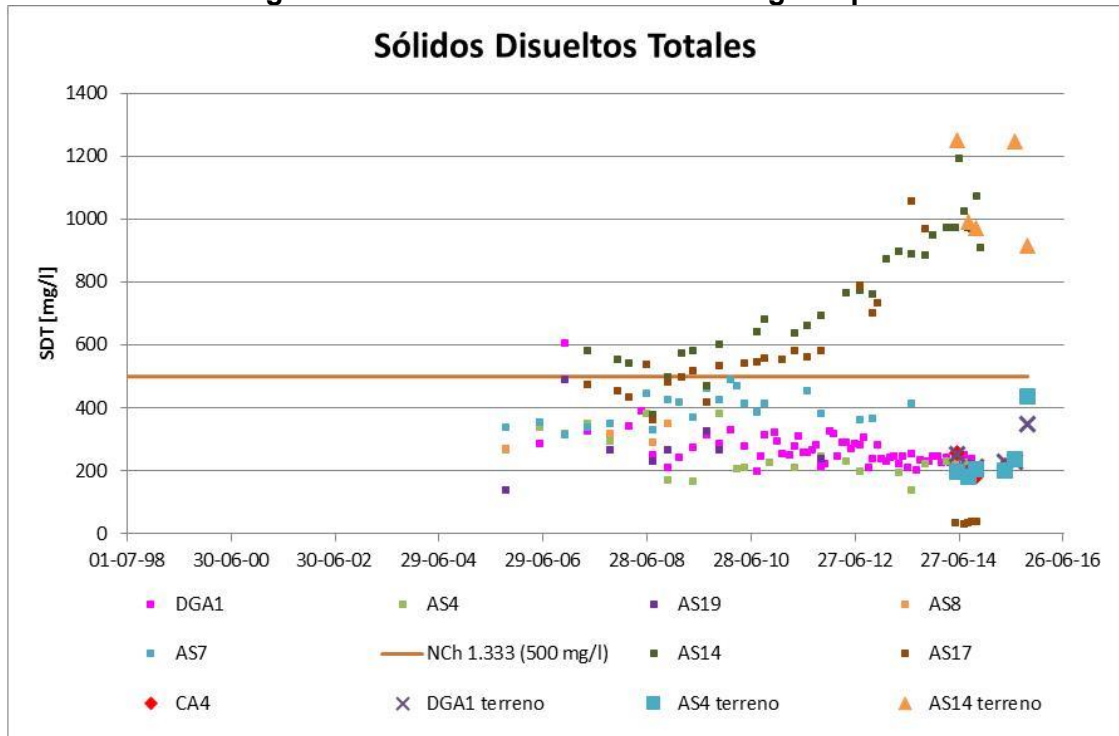
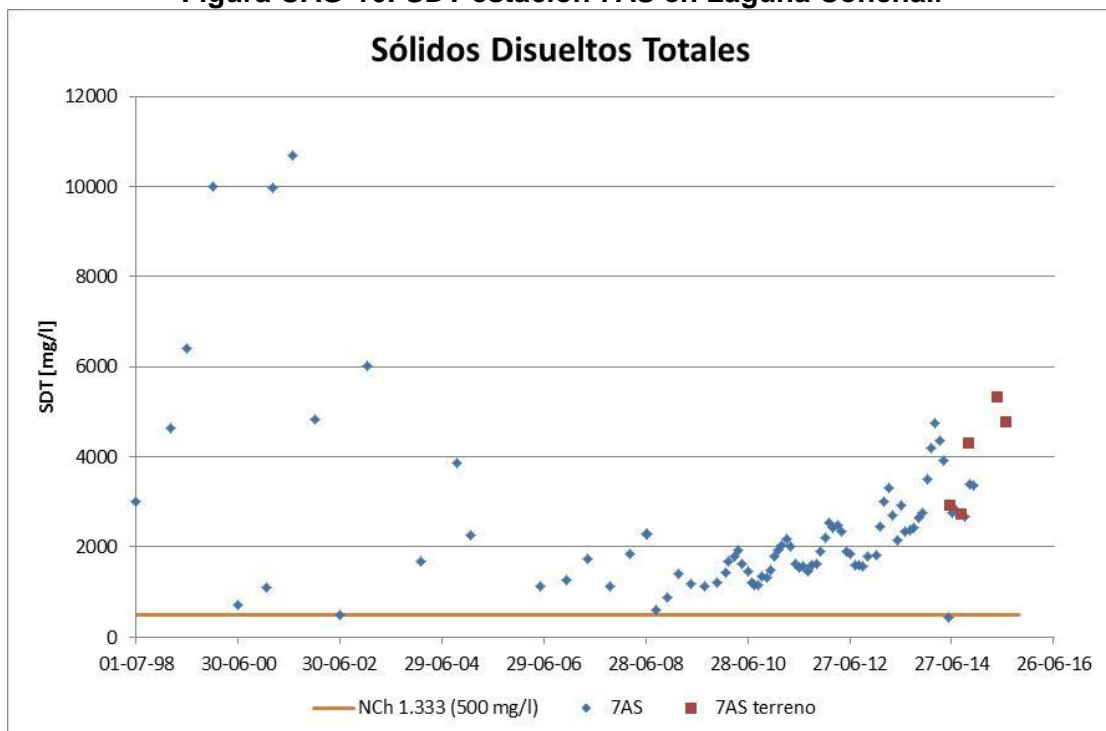


Figura CAG-16: SDT estación 7AS en Laguna Conchalí



- Estación AS4 - Estero Pupío a los pies del muro de partida depósito de relaves Mauro

En esta estación los sólidos disueltos totales cumplen el límite de la norma NCh 1.333/78 (500 mg/l) a lo largo de todo el período, con un promedio de 248 mg/l y un máximo de 380 mg/l.

- Estación AS19 - Quebrada Llau-Llau

Las concentraciones de SDT en esta estación muestran variaciones a lo largo de todo el período, con un máximo de 490 mg/l y un promedio de 276,5 mg/l. No supera el límite de la norma en el período de registro.

- Estación DGA1 – Estero Pupío estación El Romero

Esta estación muestra valores relativamente constantes de SDT, con un promedio de 272,8 mg/l. Supera la norma en una ocasión, donde se registra una concentración de 604 mg/l, en 2007.

- Estación CA4 – Estero Pupío en Cruce de Ruta D-885

La concentración de sólidos disueltos en esta estación se mantiene relativamente constante y alcanza un valor máximo de 256 mg/l en otoño de 2014.

- Estación AS8 – Estero Pupío en Caimanes, antes de Poblado Caimanes

Esta estación muestra concentraciones relativamente constantes de SDT. El promedio de éstas es de 305 mg/l y su máximo, 350 mg/l.

- Estación AS7 – Estero Pupío después de Caimanes (en Baden)

En esta estación se observa un incremento de los valores de SDT con respecto a la estación aguas arriba. El promedio del período es de 395 mg/l y el máximo, de 489 mg/l.

- Estación AS17 – Pupío en Bocatoma Canal Cavilolén

En esta estación la concentración de este parámetro supera el límite normado durante todo el período de registro, observándose una tendencia ascendente. El promedio del período es de 584 mg/l, mientras que el máximo alcanza 1.054 mg/l.

- Estación AS14 – Estero Pupío en Puente Las Vacas - cierre de aforo DGA

Al igual que la estación AS17, en esta estación se tienen concentraciones altas de SDT que van en ascenso y superan el límite de la norma. El promedio del período es de 662 mg/l, mientras que el máximo alcanza 896 mg/l.

- Estación 7AS - Laguna Conchalí ubicada en el área de Punta Chungo

Se observa que a lo largo de todo el período de registro, las concentraciones de SDT en la laguna Conchalí superan el límite de la norma NCh 1.333/78, alcanzando un máximo de 10.700 mg/l y un promedio de 2.414 mg/l.

Análisis: Este parámetro muestra un claro aumento en sus concentraciones desde aguas arriba hacia aguas abajo del estero Pupío, superando la norma en los puntos AS17 y AS14.

Por otra parte, las aguas en la laguna Conchalí muestran concentraciones de sólidos disueltos totales muy superiores al límite de la norma en todo el período de registro, con valores oscilantes que superan los 10.000 mg/l hasta 2008. A partir de entonces, este parámetro alcanza una mayor estabilidad, mostrando una tendencia creciente que se mantiene inferior a 5.000 mg/l dentro del período de registro.

j) Salinidad

A partir de las mediciones de Sólidos Disueltos Totales (SDT) es posible clasificar las aguas en el sector de interés de acuerdo con los rangos definidos por David Todd (1980), de la siguiente manera:

DULCE: $SDT < 1.000 \text{ mg/L}$

SALOBRE: $1.000 \text{ mg/L} < SDT < 10.000 \text{ mg/L}$

SALADA: $10.000 \text{ mg/L} < SDT < 100.000 \text{ mg/L}$

SALMUERA: $SDT > 100.000 \text{ mg/L}$

En las Figuras CAG-15 y CAG-16 se muestran las concentraciones de SDT medidas en las estaciones del área de influencia considerada. Las concentraciones de SDT en el estero Pupío se mantienen en general bajo 1.000 mg/l, correspondiente a aguas dulces. En cambio, las aguas de la laguna Conchalí representadas por la estación 7AS alcanzan concentraciones de SDT entre 1.000 y 10.000 mg/l, lo que indica que son aguas salobres.

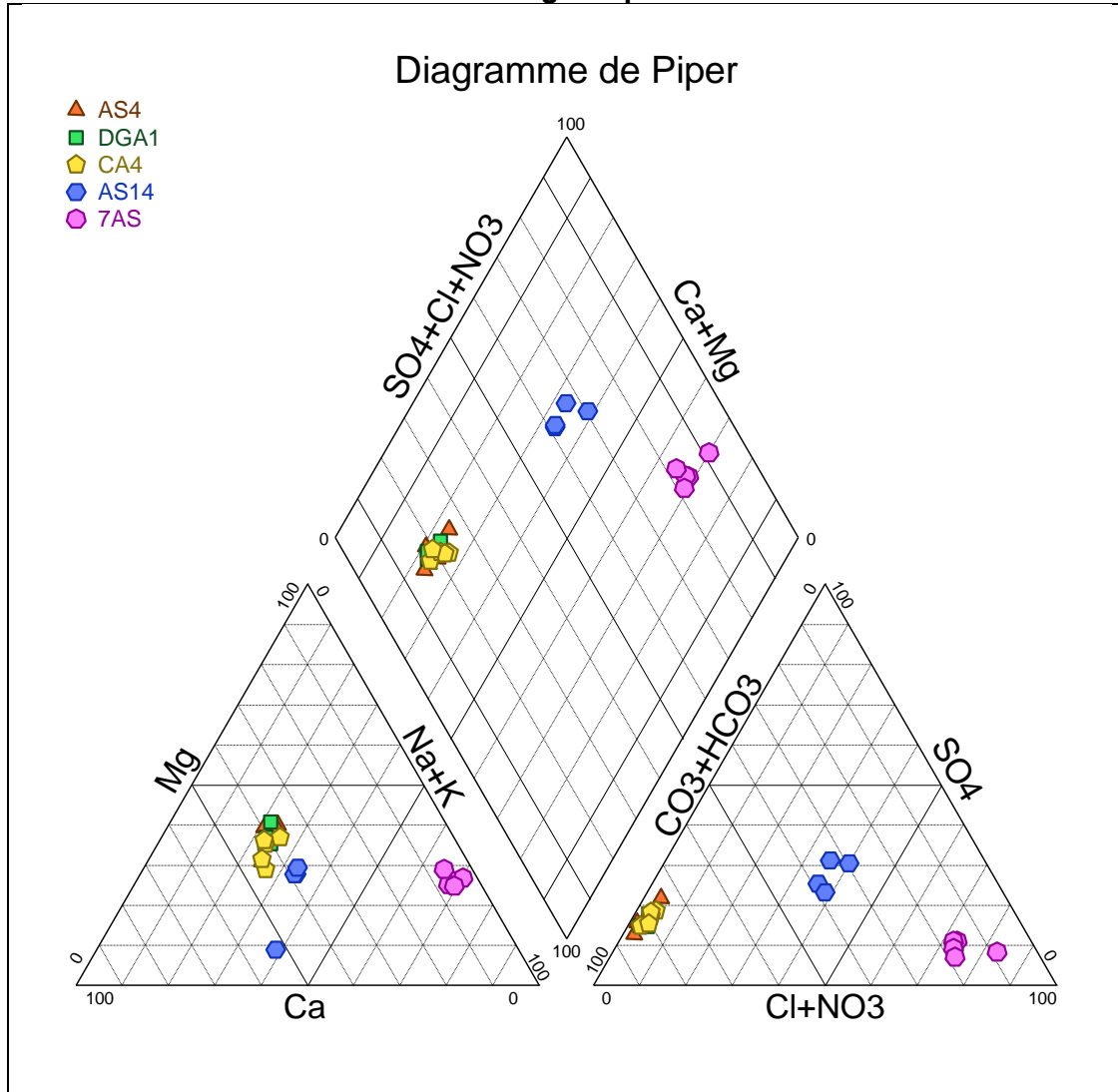
4.1.4.3 Análisis resultados de campaña de terreno

En general, en las figuras anteriores se observa que para los puntos que cuentan con un registro histórico por parte de MLP, las concentraciones medidas en las campañas de terreno dan continuidad a la tendencia histórica para los parámetros analizados. De la misma manera, se observa que, en términos generales, las concentraciones en la estación CA4, incluida específicamente para las campañas de terreno, son similares a las concentraciones en las estaciones más cercanas que cuentan con registro. Es decir, esta estación presenta continuidad con su entorno, de acuerdo con los registros de las otras estaciones del mismo cuerpo de agua.

4.1.4.4 Diagramas de Piper

Los diagramas de Piper presentados a continuación ilustran la composición química de las estaciones que cuentan con monitoreo en terreno durante 2014 y 2015. Los parámetros graficados corresponden a compuestos mayoritarios: los cationes mayores corresponden a Na + K, Ca y Mg y los aniones mayores corresponden a Cl, HCO₃ y SO₄.

Figura CAG-17: Diagrama de Piper Estero Pupío y Laguna Conchalí, área Punta Chungo-Pupío



Se observa que las aguas del estero Pupío corresponden mayoritariamente a aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, a juzgar por las estaciones AS4, DGA1, CA4 y AS7. Solamente la estación AS14 muestra un comportamiento de aguas sulfatadas cálcicas y magnésicas. Al respecto, cabe señalar que la única potencial fuente industrial identificada en las cercanías de la estación AS14 corresponde a la mina de oro Minero Don Alberto, a alrededor de 2 km aguas arriba de dicha estación. En cambio, las aguas de la estación 7AS, representativa de la laguna Conchalí, son cloruradas sódicas.

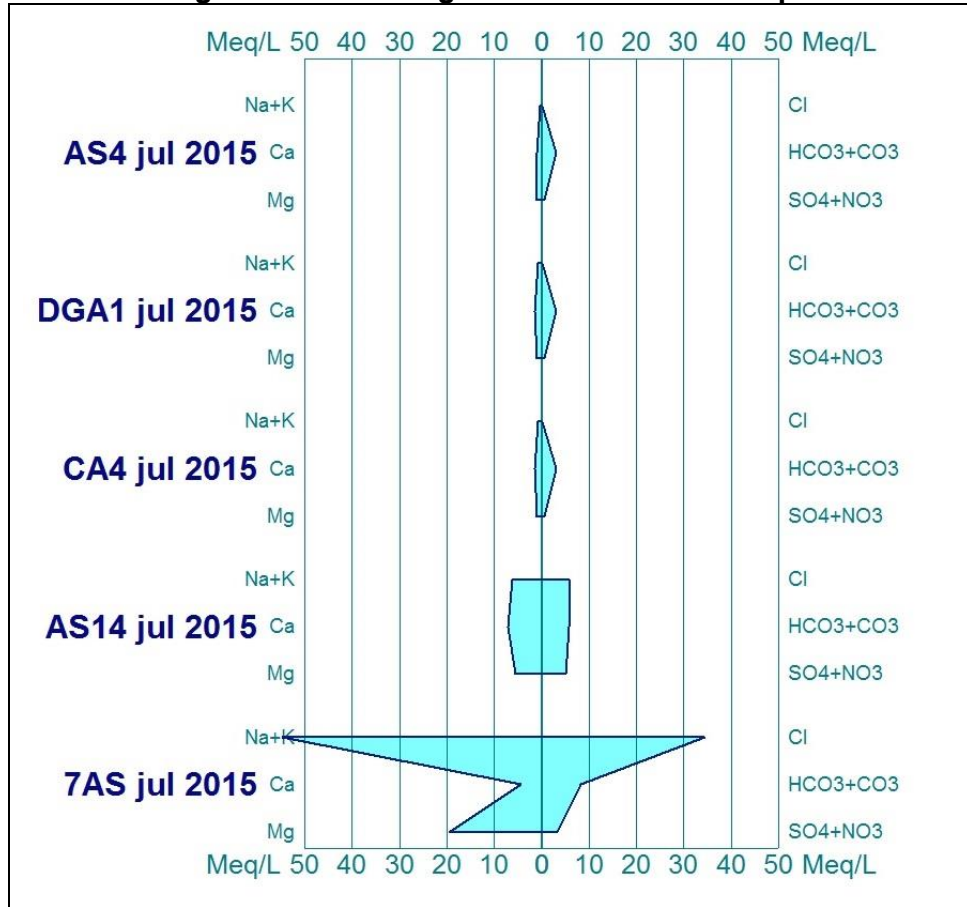
4.1.4.5 Diagramas de Stiff

Los diagramas de Stiff distinguen la muestra respecto de sus cationes mayores (Na^{++} , K^{+} , Ca^{2+} y Mg^{2+}) y sus aniones mayores (Cl^{-} , HCO_3^{-} y SO_4^{2-}), en miliequivalentes.

En la Figura CAG-18 se pueden observar las composiciones químicas de las aguas tomadas durante el monitoreo de julio de 2015, registro seleccionado de las campañas de terreno,

representativo de las condiciones actuales del estero Pupío, para las estaciones de monitoreo AS4, DGA1, CA4, AS14 y 7AS. Durante esta campaña todas estas estaciones presentaban escurrimiento superficial.

Figura CAG-18: Diagrama de Stiff Estero Pupío



El diagrama de Stiff de la Figura CAG-18 muestra una diferencia en la presencia de los macroelementos graficados entre las estaciones de la parte alta del estero Pupío (AS4, DGA1 y CA4) y la parte baja de éste (AS14). Se aprecia que las estaciones AS4, DGA1 y CA4 cuentan con proporciones similares de los macroelementos graficados, que se reflejan en un polígono similar donde destaca el vértice de los bicarbonatos y se denota baja presencia de otros macroelementos. En cambio, la estación AS14 muestra una presencia de sulfatos, magnesio, cloruros, sodio y potasio relativamente equivalente, destacándose muy poco la componente cálcica.

Por otro lado, la estación 7AS de la laguna Conchalí muestra aguas marcadamente cloruradas y sódicas.

4.1.4.6 Comparación con normativa

De acuerdo con las Figuras CAG-3 a CAG-16 y los límites establecidos en ellas, son pocas las estaciones que no cumplen los requisitos de calidad para uso en riego definidos en la NCh 1.333/78. Sólo las estaciones AS14, AS17 y 7AS presentan algunos parámetros que de manera recurrente superan los límites establecidos en la normativa.

Con respecto al global de estaciones relevantes para el Proyecto, cabe destacar que a partir de 2007 se observa una disminución general en la oscilación de las concentraciones de los parámetros medidos y la reducción de sus valores. Sin embargo, dado que no todas cuentan con registros anteriores al año 2000 y a modo conservador se evaluará la clase de las aguas utilizando el promedio de todo el período de registros.

Las Tablas CAG-6 y CAG-7 presentan una comparación de la calidad de aguas en las estaciones de monitoreo con la norma secundaria de calidad y con la NCh 1.333/78. Se destacan en **negrita** (Tabla CAG-7) los valores que superan los límites de esta última normativa. Cabe aclarar que los resultados de la estación 7AS se presenta a parte en la Tabla CAG-7 debido a que representa una calidad de aguas diferente al resto de las estaciones consideradas, lo que arroja una clase de aguas distinta según la clasificación usada.

Tabla CAG-6: Comparación de concentraciones medias con NCh 1.333/78 y guía para establecimiento de normas ambientales secundarias – estero Pupío – Área Punta Chungo-Pupío

Parámetro	Unidad	AS4	AS19	CA4	DGA1	AS8	AS7	AS17	AS14	Clase*	NCh 1.333/78
Conductividad específica	µS/cm	1106,85	441,46	333,67	442,99	517,33	610,41	962,11	1106,85	Clase 2 (750 – 1500)	No cumple (<750)
Sólidos disueltos totales	mg/l	238,25	287,00	237,33	264,37	305,50	412,13	482,04	813,03	Clase 2 (500 – 1000)	No cumple (<500)
pH	Unidad	8,32	7,82	8,78	8,08	7,30	7,45	8,09	7,59	Excepción (6,5 – 8,5)	Cumple (5,5 – 9)
Sulfato	mg/l	63,93	40,47	31,33	42,53	52,73	59,80	129,01	127,71	Clase 2 (150 – 500)	Cumple (<250)
Cobre	mg/l	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	Excepción (<7,2)	Cumple (<0,2)
Hierro	mg/l	1,30	0,07	0,12	0,75	0,13	0,34	0,17	0,14	Clase 2 (1 – 5)	Cumple (<5)
Manganeso	mg/l	0,07	0,01	0,01	0,04	0,04	0,12	0,04	0,05	Clase 2 (0,05 – 0,2)	Cumple (<0,2)
Molibdeno	mg/l	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,007	0,005	0,006	Excepción (<0,008)	Cumple (<0,01)
Zinc	mg/l	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04	0,03	Excepción (<0,096)	Cumple (<2)
Arsénico	mg/l	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	Excepción (<0,04)	Cumple (<0,1)
Cadmio	mg/l	<0,010	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	Excepción (<1,8)	Cumple (<0,01)

* Según "Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas", Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile (2004).

Tabla CAG-7: Comparación de concentraciones medias con NCh 1.333/78 y normas ambientales secundarias – Laguna Conchalí (estación 7AS) – Área Punta Chungo-Pupío

Parámetro	Unidad	7AS	Clase*	NCh 1.333/78
Conductividad específica	µS/cm	4.475,5	Clase 3	No cumple (<750)
Sólidos disueltos totales	mg/l	2.581,7	Clase 4	No cumple (<500)
pH	Unidad	8,5	Clase 3	Cumple (5,5 – 9)
Sulfato	mg/l	275,8	Clase 2	No cumple (<250)
Cobre	mg/l	0,08	Excepción	Cumple (<0,2)
Hierro	mg/l	0,84	Clase 2	Cumple (<5)
Manganeso	mg/l	0,09	Clase 2	Cumple (<0,2)
Molibdeno	mg/l	0,008	Clase 1	Cumple (<0,01)
Zinc	mg/l	0,03	Excepción	Cumple (<2)
Arsénico	mg/l	0,002	Excepción	Cumple (<0,1)
Cadmio	mg/l	<0,010	Excepción	Cumple (<0,01)

* Según "Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas", Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile (2004).

De acuerdo con los análisis anteriores, en base a los valores medios de las concentraciones de los parámetros definidos en el período de registro (1998-2015), las aguas del estero Pupío cumplen los requisitos para uso en riego. En cambio, las aguas de la Laguna Conchalí superan los límites normados por su elevado contenido de sólidos disueltos y conductividad específica.

Si se observan las figuras de la evaluación temporal de la calidad de aguas, es posible apreciar que para un criterio más conservador en el que se evalúe el cumplimiento de la NCh 1.333/78 en base a los valores máximos del período de registro, no sólo los parámetros mencionados sino que además el sulfato, el molibdeno y el manganeso exceden los límites normados en más de una ocasión, manteniéndose actualmente sobre la norma para el caso del sulfato.

Con respecto a la clasificación según la guía para normas secundarias de calidad de aguas, el estero Pupío pertenece a la Clase 2 en casi todos sus parámetros, correspondiente a aguas de buena calidad, aptas para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, para bebida de animales y para riego restringido. Cabe señalar que los resultados de los monitoreos de la campaña de terreno en la estación CA4, corresponden a aguas de Clase 4 (mala calidad) debido que presentan valores de pH superiores a los considerados para Clase 3.

A su vez, las aguas de la laguna Conchalí representadas por la estación 7AS no dan cumplimiento a la norma NCh 1.333/78 por su alto contenido de sales y sulfatos. Su clasificación de acuerdo con la guía para normas secundarias de calidad de aguas es Clase 3.

4.1.5 Evolución de la calidad de aguas superficiales sin considerar la ejecución del Proyecto

En un escenario sin materialización del Proyecto, las aguas del Estero Pupío mantendrán las características naturales presentadas en esta línea de base y seguirán su evolución natural. Sin embargo, cabe señalar que debido a la sequía predominante en el sector, los aportes al cauce del estero Pupío por precipitaciones y los escurrimientos en quebradas derivados de éstas probablemente seguirán su actual tendencia a disminuir. En consecuencia, es posible prever que sus aguas provendrán casi exclusivamente de la devolución del canal de desvío del depósito el Mauro durante la mayor parte del año, acentuándose su carácter discontinuo, con tramos más extensos en que el nivel de agua no alcanza a mantener un escurrimiento superficial.

4.1.6 Síntesis de resultados

La calidad de aguas superficiales en el área de influencia se determinó en base a los resultados del monitoreo regular de MLP con el aporte de los resultados de la campaña de terreno realizada en otoño, invierno y primavera de 2014, así como otoño e invierno de 2015 para este estudio.

Debido a la inexistencia de una norma secundaria de calidad específica para el estero Pupío, se comparó la calidad de las aguas en las áreas de interés con la norma NCh 1.333/78 de requisitos de calidad de aguas para riego, así como con la clasificación definida en la “Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas”, CONAMA 2004.

De los análisis mencionados fue posible determinar que:

- Las aguas del estero Pupío quedan clasificadas como aguas de buena calidad o Clase 2, a causa de los niveles medios de conductividad específica (1.107 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación AS14 y 962 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación AS17). A la laguna Conchalí se le clasifica en Clase 3, asociada a aguas de regular calidad a causa de su concentración media de conductividad específica (4.476 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y pH (8,5). Se identifican sectores puntuales de Clase 4 en el estero Pupío a raíz de su elevado pH (estación CA4 con pH 8,8). De acuerdo con análisis específicos de cationes y aniones se pudo determinar que las aguas del estero Pupío corresponden a aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas. Por otro lado, las aguas de la laguna Conchalí se caracterizan como cloruradas sódicas.
- Usando como referencia la norma NCh 1.333/78 para caracterizar la calidad de aguas, se tiene que las aguas del estero Pupío presentan en promedio concentraciones de los parámetros normados dentro de los límites establecidos como requisito para uso en riego, con excepción de los parámetros conductividad específica y sólidos totales disueltos, cuyos valores medios llegan a 1106,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 813 mg/l, respectivamente, en la estación AS14. En la laguna Conchalí, en cambio, el sulfato supera la norma con un valor medio de 276 mg/l, así como la conductividad específica (4.476 mg/l) y los sólidos disueltos totales (2.582 mg/l).
- Los resultados de las campañas de terreno realizadas en 2014 y 2015 corroboran la tendencia observada en las estaciones que cuentan con registros históricos de MLP

para calidad de aguas superficiales en el estero Pupío, obteniéndose en terreno concentraciones similares a dichos registros para los parámetros seleccionados.

4.1.7 Bibliografía

MLP 2012. Línea de base calidad de aguas superficiales EIA PD MLP, Región de Coquimbo, Chile. 208p.