

Estudio técnico para la determinación de
los efectos asociados a las infracciones
que se imputan a Compañía Minera Del
Pacífico S.A. en el marco del
Procedimiento Sancionatorio Rol N° D-
002-2018 seguido ante la
Superintendencia del Medio Ambiente
Versión 3

Noviembre, 2018

Elaborado por:

Gestión Ambiental Consultores S.A.
Padre Mariano 103 of. 307, Providencia
Fono: +56 2 2719 5600
www.gac.cl

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo General	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	CONTENIDO DE LA FORMULACIÓN DE CARGOS REALIZADA POR LA SMA.....	17
3.1	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen infracciones imputadas a Compañía Minera del Pacífico S.A.....	17
4	METODOLOGÍA.....	23
4.1	Descripción del hecho, acto u omisión.....	24
4.2	Identificación de las Condiciones normas y medidas infringidas.....	24
4.3	Objetivo ambiental asociado a las condiciones, normas, y medidas infringidas	24
4.4	Análisis de los potenciales efectos negativos.....	24
4.5	Incorporación de respuesta a todas las observaciones de la SMA de su Resolución N°13 del 31 de octubre del 2018	25
5	IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS ASOCIADOS A LOS HECHOS QUE SE ESTIMAN CONSTITUTIVOS DE INFRACCIÓN	25
5.1	Hechos relacionados con falta de reporte	25
5.1.1	HECHO 1:	25
5.1.2	HECHO 16	47
5.1.3	HECHO 17:	56
5.1.4	HECHO 19:	59
5.2	Hechos relacionados con la Planta de Pellets	61
5.2.1	HECHO 3:	61
5.2.2	HECHO 4:	77
5.2.3	HECHO 5:	87
5.2.4	HECHO 14:	111
5.2.5	HECHO 15:	151
5.2.6	HECHO 18:	212
5.3	Hechos relacionados con el Transporte Ferroviario entre Los Colorados y Planta de Pellets..	218
5.3.1	HECHO 2:	218
5.3.2	HECHO 6:	233
5.3.1	HECHO 7:	256
5.3.2	HECHOS 8:	272
5.3.3	HECHO 10:	291
5.3.4	HECHO 12:	307
5.4	Hechos relacionados con Mina Los Colorados	326
5.4.1	HECHO 9:	326
5.4.2	HECHO 11:	336
5.4.3	HECHO 13:	343

5.5	HECHO 20:	352
5.5.1	Descripción del Hecho	352
5.5.2	Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas	353
5.5.3	Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas	354
5.5.4	Análisis de los Potenciales Efectos Negativos	354
6	RESUMEN	355

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Proyectos asociados a Compañía Minera del Pacífico S.A.	15
Tabla 3-1.	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción.	17
Tabla 5-1	Estaciones y periodos con omisión de reportes y/o monitoreo	25
Tabla 5-2	Aclaración de los periodos con omisión de reportes y/o monitoreo	28
Tabla 5-3	Cumplimiento de normas en estaciones cercanas a los registros omitidos	30
Tabla 5-4	Coordenadas estaciones monitoras	32
Tabla 5-5.	Mayores aportes a promedio anual de MP2,5.	44
Tabla 5-6:	Resultados de los muestreos informados fuera de plazo	57
Tabla 5-7:	Resultados de la no presentación de los remuestreos	58
Tabla 5-8:	Resultados de no informar todas las muestras indicadas en los autocontroles	58
Tabla 5-9.	Emisiones medidas versus emisiones RCA - Fase II, chimenea 2A	61
Tabla 5-10.	Emisiones medidas versus emisiones RCA – Fase II, chimenea 2B	62
Tabla 5-11.	Emisiones totales RCA y promedio mediciones	64
Tabla 5-12.	Emisiones totales considerando mediciones máximas	65
Tabla 5-13.	Tasas de emisión Chimeneas 2A y 2B ingresadas al modelo	65
Tabla 5-14.	Características de las fuentes	65
Tabla 5-15.	Concentraciones de MP primario y MP total en Estación. Huasco II, escenarios RCA y medido	66
Tabla 5-16.	Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenarios RCA y medido	66
Tabla 5-17.	Concentraciones de SO ₂ en Estación. Huasco II, escenarios RCA y medido	66
Tabla 5-18.	Concentraciones de SO ₂ en PMI, escenarios RCA y medido	67
Tabla 5-19.	Concentraciones de NO ₂ en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido	67
Tabla 5-20.	Concentraciones de NO ₂ en PMI, escenarios RCA y medido	67
Tabla 5-21.	Concentraciones de MP primario y MP total en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo	69
Tabla 5-22.	Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenarios RCA y medido máximo	69
Tabla 5-23.	Concentraciones de SO ₂ en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo	69
Tabla 5-24.	Concentraciones de SO ₂ en PMI, escenarios RCA y medido máximo	70
Tabla 5-25	Estimación delta corregido SO ₂ diario.	70
Tabla 5-26.	Concentraciones de NO ₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo	72
Tabla 5-27.	Concentraciones de NO ₂ en PMI, escenarios RCA y medido	73

Tabla 5-28. Estimación delta corregido NO ₂ horario.....	73
Tabla 5-29. Concentraciones de NO ₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo	75
Tabla 5-30. Concentraciones de NO ₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo	75
Tabla 5-31 Emisiones totales RCA y promedio mediciones	79
Tabla 5-32. Emisiones totales RCA 215/2010.....	80
Tabla 5-33. Tasas de emisión Chimeneas 2A	81
Tabla 5-34. Características de las fuentes	81
Tabla 5-35. Concentraciones de MP primario y MP total en estación P. Huasco II, escenarios RCA y actual (medido)	82
Tabla 5-36. Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenario RCA y actual (medido).....	82
Tabla 5-37. Concentraciones de SO ₂ en estación P. Huasco II, escenario RCA y actual (medido)	82
Tabla 5-38. Concentraciones de SO ₂ en PMI, escenario RCA y actual (medido).....	83
Tabla 5-39. Concentraciones de NO ₂ en estación P. Huasco II, escenarios RCA y actual (medido).....	83
Tabla 5-40. Concentraciones de NO ₂ en PMI, escenarios RCA y actual (medido)	83
Tabla 5-41. Emisiones por erosión eólica pellets chip sector salvataje (t/año).	95
Tabla 5-42: Emisiones por erosión eólica (t/año).	97
Tabla 5-43. Emisiones por descarga de preconcentrado (t/año).....	98
Tabla 5-44. Factor de emisión para erosión eólica en pilas de acopio.	99
Tabla 5-45: Porcentaje del área y valor de Us/Ur para cada sección de la pila tipo B3.....	100
Tabla 5-46: Factores de tamaño de partícula y factores de emisión	100
Tabla 5-47: Emisión estimada para bandejas bajo correa CV19 (t/año).....	101
Tabla 5-48. Aportes en calidad del aire producto de las emisiones adicionales estimadas	101
Tabla 5-49. Aportes en material particulado sedimentable producto de las emisiones adicionales estimadas	102
Tabla 5-50. Emisiones estimadas por hecho infraccional.	108
Tabla 5-51. Aportes a la calidad del aire estimadas por hechos infraccionales.....	109
Tabla 5-52. Aportes en MPS estimado por hechos infraccionales.....	109
Tabla 5-53. Caudal total diario de relave, porcentaje de solidos registrado y presencia (Sí) o ausencia (NO) de turbidez en el periodo de infracción 2013-2017	119
Tabla 5-54. Concentraciones de elementos traza en la columna de agua (µg/L) en invierno del año 2011 y 2017 para E. Chapaco y localidades de referencia.....	124
Tabla 5-55. Concentraciones de elementos traza en la columna de agua (µg/L) en primavera-verano del año 2011 y 2017 para E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Playa Brava y Punta Lachos) en el año 2011 y 2017. Se indican las concentraciones promedio y desviaciones estándar. Muestras tomadas en superficie y fondo. En negrita aquellas concentraciones que sobrepasan el límite permitido por la ley de Australia y Nueva Zelanda. ND: indican los elementos no detectados instrumentalmente.....	125
Tabla 5-56. Concentraciones promedio de ET y sus respectivas desviaciones estándar, registrados en muestras de agua de tres localidades de la costa norte de Chile. En negrita se destacan los valores que exceden los límites máximos de la normativa de Australia y Nueva Zelanda.	126
Tabla 5-57. Aproximación bibliográfica, comparación de las concentraciones de elementos traza con localidades referenciales.....	129

Tabla 5-58. Concentraciones promedio de ET y sus respectivas desviaciones estándar, registrados en muestras de agua de tres localidades de la costa norte de Chile. En negrita se destacan los valores que exceden los límites máximos de la normativa de Australia y Nueva Zelanda, utilizada como referencia.	130
Tabla 5-59. Valores límites de Zinc bajo los cuales es posible evidenciar la ocurrencia de un efecto adverso en un ecosistema según "Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality".	133
Tabla 5-60. Concentraciones de Zinc en cuerpos de agua monitoreados en el P.O.A.L.	135
Tabla 5-61. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de aguas marinas según USEPA. Concentraciones en µg/L.	136
Tabla 5-62. Concentración de Zinc en el tejido muscular de individuos de merluza común (<i>M. gayi</i>), loco (<i>C. concholepas</i>) y lapa (<i>F. cumingi</i>) provenientes de Caldera, Coquimbo y E. Chapaco.	142
Tabla 5-63. Número de individuos analizados por especie y sus respectivos niveles tróficos de especies provenientes de Coquimbo, Caldera y E. Chapaco.	142
Tabla 5-64. Concentración promedio de Zinc en muestras de tejidos de siete especies y en muestras de zooplancton colectadas en tres localidades de la costa norte de Chile (Coquimbo, Caldera y E. Chapaco).	143
Tabla 5-65. Resultados del Análisis de Varianza Factorial para la comunidad de especies móviles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	163
Tabla 5-66. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la comunidad de especies sésiles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	164
Tabla 5-67. Resultados del Análisis de varianza de dos vías para la comunidad de especie móviles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	166
Tabla 5-68. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la diversidad de especies móviles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	166
Tabla 5-69. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la diversidad de especies sésiles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	167
Tabla 5-70. Resultados del Análisis de Varianza de dos vías para la comunidad de especies móviles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En rojo se destacan los valores significativos para cada comparación.	169

Tabla 5-71. Resultados del Análisis de Varianza Factorial para la comunidad del submareal de fondos sedimentarios de E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Punta Lachos y Playa Brava). Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.	171
Tabla 5-72. Valores de los distintos parámetros utilizados para el cálculo de IPBAN. En negrita se destacan los valores de IPBAN de los recursos considerados bancos naturales.	174
Tabla 5-73. Resultados del Modelo Regresión Ordinal Logístico para la sedimentación a 3m de profundidad entre localidades dentro del área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Costado Norte y Costado Sur) y dos localidades de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos). Para cada variable se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo.	181
Tabla 5-74. Resultados del Modelo Regresión Ordinal Logístico para la sedimentación a 3,6 y 9 m de profundidad para los sitios Costado Sur y Punta Lachos. Para cada variable se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo.	182
Tabla 5-75. Mineralogía identificada en las muestras de relaves analizadas	195
Tabla 5-76. Clasificación de solutos liberados.....	196
Tabla 5-77. Tasas de liberación de solutos en muestras de relave y sedimento natural	197
Tabla 5-78: Mineralogía Identificada Muestras de Relaves (QEMSCAN)	202
Tabla 5-79. Reporte superación del D.S.46/2002	213
Tabla 5-80. Excedencias Fe-MPS periodo reportado autoridad	224
Tabla 5-81. Excedencias Fe-MPS año 2017, enero a noviembre	224
Tabla 5-82. Evaluación de Cumplimiento Fe-MPS. D Ex N°4/1992.	228
Tabla 5-83. Producción de Olivas en Parcela Los Olivos de Bellavista, CMP.....	230
Tabla 5-84. Superficie cultivada con olivo para mesa y producción estimada por zona	231
Tabla 5-85. Granulometría Preconcentrado Transportado.....	242
Tabla 5-86.Velocidad Máxima por Tramo	243
Tabla 5-87. Actividades generadoras de emisiones de material particulado	244
Tabla 5-88. Emisión de material particulado por erosión eólica en tolvas	244
Tabla 5-89. Receptores discretos	245
Tabla 5-90. Aportes MPS, Hecho N° 6	246
Tabla 5-91. Aportes MPS, Hecho N° 6	246
Tabla 5-92. Aportes M10, Hecho N° 6	250
Tabla 5-93. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS.....	254
Tabla 5-94. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe.....	254
Tabla 5-95. Aportes estimados a MPS.....	255
Tabla 5-96. Aportes M10, Hecho N° 6.....	256
Tabla 5-97.Velocidades Máximas por Tramo	260
Tabla 5-98. Actividades generadoras de emisiones de material particulado	261
Tabla 5-99. Emisiones de material particulado Erosión Eólica.....	261
Tabla 5-100. Receptores discretos	262

Tabla 5-101. Aportes a línea de Base MPS.....	262
Tabla 5-102. Aportes M10, Hecho N° 7.....	262
Tabla 5-103. Aportes M10, Hecho N° 7.....	266
Tabla 5-104. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS (2013 a 2017).	270
Tabla 5-105. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe (2013 a 2017).....	270
Tabla 5-106. Granulometría Preconcentrado Transportado.....	277
Tabla 5-107. Calculo de emisiones de material particulado Hecho N° 8	279
Tabla 5-108. Inventario de emisiones de material particulado	279
Tabla 5-109. Receptores discretos	280
Tabla 5-110. Aportes a línea de Base MPS Hecho N°8.....	281
Tabla 5-111. Aportes M10, Hecho N°8.....	281
Tabla 5-112. Aportes M10, Hecho N°7.....	285
Tabla 5-113. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS (2014 a 2017).	289
Tabla 5-114. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe (2014 a 2017).....	289
Tabla 5-115. Viajes por Año	293
Tabla 5-116. Volumen de Transito año 2015	293
Tabla 5-117. Viajes por Año	294
Tabla 5-118. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas).	295
Tabla 5-119. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas).	295
Tabla 5-120. Emisiones Totales transporte de preconcentrado (t).	295
Tabla 5-121. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas) Ruta C-46.	296
Tabla 5-122. Receptores Discretos.....	296
Tabla 5-123. Aportes totales a línea de Base, Transito en Camino pavimentado (año 2014).	297
Tabla 5-124. Aportes a línea de Base MP10, Estación P. Huasco II.....	301
Tabla 5-125. Aportes a línea de Base MP10, Centros Poblados.....	301
Tabla 5-126. Aportes a línea de Base MPS (Esc. 2014).	305
Tabla 5-127. Aportes estimados a la calidad del Aire (MPS).....	306
Tabla 5-128. Resumen de las obras propuestas a implementar a lo largo de la vía férrea.	309
Tabla 5-129: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 1. Receptor 5.	311
Tabla 5-130: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 1. Callejón Los Guindos N° 308.....	311
Tabla 5-131: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 2. Receptor 5.	311
Tabla 5-132: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 2. Callejón Los Guindos N° 308.....	312
Tabla 5-133: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 3. Receptor 5.	312
Tabla 5-134: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 3. Callejón Los Guindos N° 308.....	312
Tabla 5-135: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 4. Receptor 5.	312
Tabla 5-136: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 4. Callejón Los Guindos N° 308.....	312
Tabla 5-133: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 1. Receptor 5.	313
Tabla 5-134: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 2. Receptor 5.	313
Tabla 5-135: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 3. Receptor 5.	314
Tabla 5-136: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 4. Receptor 5.	314
Tabla 5-141: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 1. Callejón Los Guindos N° 308.....	314

Tabla 5-142: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 2. Callejón Los Guindos N° 308.....	314
Tabla 5-143: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 3. Callejón Los Guindos N° 308.....	314
Tabla 5-144: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 4. Callejón Los Guindos N° 308.....	314
Tabla 5-137: Cuadro resumen con los incrementos de nivel de ruido y las categorías de la reacción de la comunidad frente al ruido.....	319
Tabla 5-138: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Receptor N°5 y 5B. Escenario 1 y 2.	319
Tabla 5-139: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Receptor N°5 y 5B. Escenario 3 y 4.	319
Tabla 5-148: Cuadro resumen con los incrementos de nivel de ruido y las categorías de la reacción de la comunidad frente al ruido.....	323
Tabla 5-149: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 1 y 2.....	324
Tabla 5-150: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 3 y 4.....	324
Tabla 5-141. Emisiones estimadas por descarga de preconcentrado desde correa N°2741 en tren	330
Tabla 5-142: Emisiones estimadas por descarga de preconcentrado desde correa N°2741 en tren	331
Tabla 5-143: Valor de parámetros para emisión por Resuspensión de polvo por circulación vehicular en caminos no pavimentados	332
Tabla 5-144: Emisiones adicionales por tránsito de transporte de estéril en plataformas de botadero .	332
Tabla 5-145: Factor de ajuste para concentraciones de SCREEN3.....	333
Tabla 5-146: Receptores definidos.....	333
Tabla 5-147: Emisiones a modelar (t/año)	333
Tabla 5-148: Aportes en calidad del aire producto de las emisiones adicionales estimadas	334
Tabla 5-149: Aportes respecto de normas producto de las emisiones adicionales estimadas	334
Tabla 5-150. Emisiones estimadas por hecho infraccional.	335
Tabla 5-151. Aportes a la calidad del aire estimadas por hechos infraccionales.....	335
Tabla 5-152: Caudales EIA.	339
Tabla 5-153: Parámetros Morfológicos de las cuencas aportantes al cauce en la quebrada los Colorados.	340
Tabla 5-154: Caudales máximos instantáneos en quebrada Los Colorados (Método Racional)	341
Tabla 6-1. Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la formulación de cargos	355

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Metodología para estimación de efectos	23
Figura 5-1 Ubicación de Estaciones de monitoreo existentes en el Valle del Huasco	31
Figura 5-2 Concentraciones anuales SO ₂ en estaciones SM1 - SM8	33
Figura 5-3 Concentraciones trianuales SO ₂ en estaciones SM1 - SM8.....	33
Figura 5-4. Concentraciones trianuales NO ₂ en estación EME-F.....	34
Figura 5-5. Concentraciones percentil 99 máximos diarios NO ₂ en estación EME-F	34
Figura 5-6. Concentraciones trianuales NO ₂ en estación EME-M	35

Figura 5-7 Concentraciones percentil 99 máximos diarios NO ₂ en estación EME-M.....	35
Figura 5-8. Concentración horaria móvil de 8 horas de O ₃ años 2013 a 2017 en estación Población Huasco II.....	36
Figura 5-9. Sedimentación anual de MPS entre año 2008 y al 2017 – Promedio todas las estaciones.....	36
Figura 5-10. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Promedio todas las Estaciones	37
Figura 5-11. Sedimentación mensual de MPS entre años 2013 y 2017 – Promedio estaciones	37
Figura 5-12. Sedimentación mensual de Hierro en MPS entre años 2013 y 2017 – Promedio estaciones	38
Figura 5-13. Unidades analizadas.....	40
Figura 5-14. Isoconcentración Sector Planta de Pellet.....	41
Figura 5-15. Isoconcentración Tren Tramo P. Pellet - Vallenar.....	42
Figura 5-16. Isoconcentración Tren Tramo P. Pellet - Vallenar.....	42
Figura 5-17. Isoconcentración MP2,5 promedio anual	43
Figura 5-18. Histograma de Frecuencia.....	44
Figura 5-19. Dispersión aporte promedio anual de MP2,5	45
Figura 5-20: Disposición general de las instalaciones en el sitio de la “Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo” previo al cierre y entrega a su propietario, lo que se realizó con fecha 12 de febrero 2015 mediante el “Finiquito del Contrato de Arrendamiento” respectivo.....	55
Figura 5-21. Promedios anuales medidos de NO ₂ en Estación Huasco II.....	68
Figura 5-22. Percentil 99 de los máximos diarios de valores horarios de NO ₂ medidos en Estación Huasco II	68
Figura 5-23. Concentraciones diarias SO ₂ Estación Huasco II fechas de máxima excedencia en emisiones de SO ₂	71
Figura 5-24. Percentil 99 de las concentraciones diarias SO ₂ Estación Huasco II.....	71
Figura 5-25. Serie horaria NO ₂ Estación Huasco II fechas de máxima excedencia en emisiones de NO _x ..	74
Figura 5-26. Ubicación estación Huasco II y punto de máximo impacto respecto a chimeneas.	74
Figura 5-27 Ubicación puntos de máximo impacto (PMI).....	84
Figura 5-28. Percentil 98 de los promedios diarios medidos de MP10 en estación Población Huasco.....	85
Figura 5-29. Promedios diarios medidos de MP10 en estación Población Huasco y línea de tendencia ...	85
Figura 5-30: Paneles sin malla de protección, cancha de carbón.	88
Figura 5-31: Paneles sin malla de protección, pellets chip sector salvataje	88
Figura 5-32: Acopios en cancha que superan la altura de la malla de protección eólica	89
Figura 5-33: Inexistencia de sistema de encapsulamiento tipo campana.	90
Figura 5-34: Correa CV8, sector descubierto.	91
Figura 5-35. Estaciones de monitoreo Huasco.....	94
Figura 5-36. Tipo de pila considerada para erosión eólica y rosa de vientos.	100
Figura 5-37. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II.....	102
Figura 5-38. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II.....	103
Figura 5-39. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	103

Figura 5-40. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II	104
Figura 5-41. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	104
Figura 5-42. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	105
Figura 5-43. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones.	106
Figura 5-44. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m ² /día).....	106
Figura 5-45. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	107
Figura 5-46. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	107
Figura 5-47. Perfil vertical de concentración de sólidos suspendidos, para distintas alturas de ola, a 5 m (izquierda) y 10 m de profundidad (derecha).	122
Figura 5-48. Resultados del Análisis de componentes principales (PCA) que relaciona la concentración de ET presentes muestras de agua obtenidas en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Ensenada Chapaco) y en una localidad de referencia (Caldera).	128
Figura 5-49. Representación gráfica que relaciona la concentración de ET presentes muestras de agua obtenidas en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Ensenada Chapaco) y dos localidades de referencia (Caldera y Coquimbo).	132
Figura 5-50. Estaciones de muestreo para la caracterización de las concentraciones de Zinc en la columna de agua de E. Chapaco. Se presentan las estaciones de muestreo ubicadas dentro de la ensenada (ECH1) y una estación control ubicada en Huasco (CCH).	137
Figura 5-51. Batimetría del volcán submarino en 2011 (arriba, izquierda) y 2012 (arriba derecha).....	146
Figura 5-52. Patrón de acreción/erosión entre 2011 y 2017.	147
Figura 5-53. Distribución espacial de presencia de relave en muestras y estimación de zona de depósito con datos hasta fines del año 2017. (PRDW, 2017d).	148
Figura 5-54: Descarga del relave mayo 2017 a abril 2018	157
Figura 5-55. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.....	161
Figura 5-56. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.....	165
Figura 5-57. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja intermareal. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.....	168
Figura 5-58. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para para la comunidad del submareal de fondos sedimentarios de E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Punta Lachos y Playa Brava). Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.	170
Figura 5-59. Principales sitios de pesca (caladeros) en las cercanías de Puerto de Huasco.	176

Figura 5-60 Imagen que da cuenta de la pesquería de algas pardas que se realiza en Ensenada Chapaco, Huasco.	179
Figura 5-59. Sitios seleccionados para mediciones de actividad fotosintética.	184
Figura 5-60. Equipo DIVING PAM operado en uno de los puntos de muestreo en agosto de 2017.	184
Figura 5-61. Rendimiento fotosintético promedio de todas las mediciones realizadas en distintos sitios ubicados dentro o fuera del área de influencia de la descarga de Planta de Pellets de CAP.	185
Figura 5-62. Rendimiento fotosintético promedio en distintos sitios al interior de Ensenada Chapaco (PAM-3,-4,-5) y en la zona control sur (Punta Huasco Sur y Punta Lachos).	186
Figura 5-63. Rendimiento fotosintético promedio en cada sitio a diferentes profundidades. En rojo se destaca el resultado de la prueba ANOVA con su nivel de significancia que es menor que 0.001.	187
Figura 5-64. Rendimiento fotosintético promedio en los distintos sitios, pero a similares profundidades. Para cada profundidad solo se pudieron considerar los sitios que tuviesen información para dicha profundidad. En rojo se destaca el resultado de la prueba ANOVA con su nivel de significancia que es menor que 0.001.	188
Figura 5-65. Variación temporal de la cobertura promedio de <i>Enteromorpha</i> spp. en dos sitios dentro del área de influencia (Ensenada Chapaco a 150 m ex relaveducto y Ensenada Chapaco frente ex relaveducto) y dos localidades de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos).	192
Figura 5-66. Resultados del Modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados para la población de <i>Enteromorpha</i> spp. Para cada factor se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo. ...	192
Figura 5-67. Tasas de liberación de Ag (azul: muestra relave; naranja: muestra sedimento marino)	198
Figura 5-68. Esquema de Generación de Relaves	204
Figura 5-69. Proporción Mineral Planta de Beneficio y % Fe Magnético en Preconcentrado	205
Figura 5-70. Punto de control y de descarga del efluente del laboratorio de la Planta de Pellets	212
Figura 5-71. Afluencias y efluvios de boro para el océano mundial en Tg año ⁻¹ (basado en estimaciones de Park y Schlesinger 2002)	215
Figura 5-72. Ubicación Estación Huasco II en contexto urbano.	222
Figura 5-73. Estaciones monitoras red CMP	223
Figura 5-74. Fe-MPS máximo. Promedio mensual año 2013 a 2017	225
Figura 5-75. Fe-MPS promedio anual.	225
Figura 5-76. Modelación espacial de Fe- MPS en el Valle del Huasco, aporte del material fugitivo de transporte.	229
Figura 5-77. Fotografía Olivos en predio de Wilhelm von Mayenberger, sin Fe-MPS en el follaje	230
Figura 5-78. Ubicación de estaciones de MPS.	234
Figura 5-79. Carros cargados de concentrado	240
Figura 5-80. Pérdida de Preconcentrado acumulado.	241
Figura 5-81. Perfil de pérdida de Concentrado.	241
Figura 5-82. Ubicación de estaciones de MPS.	245
Figura 5-83. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	247

Figura 5-84. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	247
Figura 5-85. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	248
Figura 5-86. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II	248
Figura 5-87. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	249
Figura 5-88. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	249
Figura 5-89. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones .	250
Figura 5-90. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m ² /día).....	251
Figura 5-91. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	251
Figura 5-92. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	252
Figura 5-93. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones	252
Figura 5-94. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017	253
Figura 5-95. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017.....	253
Figura 5-96. Ubicación de estaciones de MPS.....	257
Figura 5-97. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	263
Figura 5-98. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	263
Figura 5-99. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	264
Figura 5-100. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II	264
Figura 5-101. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	265
Figura 5-102. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	265
Figura 5-103. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones	266
Figura 5-104. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones (mg/m ² /día).....	267
Figura 5-105. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016.....	267
Figura 5-106. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	268
Figura 5-107. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones	268
Figura 5-108. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017	269
Figura 5-109. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017.....	269
Figura 5-110. Perdida de Preconcentrado acumulado.....	276
Figura 5-111. Perfil de perdida de concentrado.....	276

Figura 5-112. Serie de tiempo velocidad máxima	277
Figura 5-113. Perfil de velocidad	278
Figura 5-114. Ubicación de estaciones de MPS.....	280
Figura 5-115. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	282
Figura 5-116. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	282
Figura 5-117. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	283
Figura 5-118. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II	283
Figura 5-119. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	284
Figura 5-120. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	284
Figura 5-121. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones	285
Figura 5-122. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones (mg/m ² /día).....	286
Figura 5-123. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016.....	286
Figura 5-124. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	287
Figura 5-125. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones	287
Figura 5-126. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017	288
Figura 5-127. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017.....	288
Figura 5-128. Ubicación de Receptores.....	297
Figura 5-129. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	298
Figura 5-130. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	298
Figura 5-131. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	299
Figura 5-132. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II	299
Figura 5-133. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II	300
Figura 5-134. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II	300
Figura 5-135. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones	302
Figura 5-136. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m ² /día).....	302
Figura 5-137. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016.....	303
Figura 5-138. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016	303

Figura 5-139. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones	304
Figura 5-140. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017	304
Figura 5-141. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017	305
Figura 5-144: Caída de preconcentrado seco desde corre N° 2719	327
Figura 5-145. Receptores y estaciones de monitoreo	329
Figura 5-146: Cuencas aportantes al cauce de quebrada Los Colorados	340
Figura 5-147: Enrocado de protección del cauce de la quebrada Los Colorados	342
Figura 5-148. Información entregada en adenda N° 1 respecto del área de relocalización de fauna	347
Figura 5-149. Área de relocalización presentadas en las figuras de la adenda N°1 y N°2 (área verde) y proyección de las coordenadas entregadas en la tabla de la adenda N°1 y N°2 (línea morada).	348
Figura 5-150. Representación espacial de los puntos de relocalización y de los registros obtenidos durante el primer y segundo monitoreo	349
Figura 5-151. Área específica de relocalización y monitoreo de fauna en relación con el área propuesta en la figura de la adenda N°1 y N°2; y el área proyectada obtenida de las coordenadas de la tabla de la adenda N°1 y N°2.	350

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Documentos Hecho N°1
Anexo 2 – Informe Mensual año 2016 Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)
Anexo 3 – Términos de referencia PVA: Indica la NO obligación de analizar los elementos disueltos en agua
Anexo 4 – Metodología Modelo de Dispersión y Meteorológico CAP – Huasco
Anexo 5 – Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades
Anexo 6 – Informe PRDW Actualizado sobre la geomorfología del fondo marino ensenada Chapaco 2018 y responde consultas SMA.
Anexo 7 – Georreferenciación de los puntos de muestreo para las estimaciones comunitarias
Anexo 8 – Caracterización mineralógica del relave y su comportamiento con el medio
Anexo 9 – Análisis según D.S 148: Descarte de relave como residuo peligroso
Anexo 10 – Evaluación Agronómica de la Parcela Experimental los Olivos de Bellavista, Compañía Minera del Pacífico Huasco
Anexo 11 – Estudio para Evaluar el Impacto de la Contaminación Atmosférica, II Temporada, y Prospección de las condiciones edáficas sobre el rubro olivícola, sector Costero Valle del Huasco
Anexo 12 – Cálculo de ejes hidráulicos
Anexo 13 – Antecedentes cierre Estación de Transferencia Maitencillo
Anexo 14 – Estudio técnico para la determinación de los efectos asociados a las infracciones 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.
Anexo 15 – Memo Respuestas Observaciones Informe de Efectos de SRK
Anexo 16 – Informe Técnico de Caracterización de Pesquerías
Anexo 17 – Registro Ingreso de Algueros y Mariscadores a E Chapaco 2018
Anexo 18 – Video E Chapaco

1 INTRODUCCIÓN

En el marco de las nuevas observaciones de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante SMA) indicadas en la Resolución Ex N°13 relativa al Procedimiento Sancionatorio Rol N° D-002-2018, seguido ante la Compañía Minera del Pacífico S.A., en adelante indistintamente “CMP” o el “Titular”, con fecha se ha solicitado a Gestión Ambiental Consultores S.A. (en adelante GAC) la aclaración y complementación de todas las observaciones en un nuevo informe sobre los potenciales efectos asociados a las infracciones que se le imputan en el marco del referido procedimiento sancionatorio.

Con este objeto, se ha elaborado una tercera versión del estudio técnico que analiza individualmente cada hecho, acto u omisión que se estima constitutivo de infracción, completando para cada caso los antecedentes concretos, que permitan responder a las observaciones formuladas por la SMA.

En esta tercera versión del Informe de Efectos, se incluirá, toda la información relevante que ha sido posible obtener y que se encuentra asociada a los cargos formulados, a fin de responder a las observaciones y consultas planteadas por la SMA, para establecer los efectos que pudieron generarse durante el período en que se señala la infracción.

La metodología utilizada para la determinación de los potenciales efectos producidos por cada hecho constitutivo de infracción se detalla en el capítulo cuarto del presente informe.

Para efectos de enmarcar el presente análisis, y conforme lo señalado en el Considerando I de la Resolución Exenta N°1/Rol D-002-2018 de fecha 10 de enero de 2018, mediante la cual la SMA formuló cargos, cabe señalar que CMP es titular de los siguientes proyectos:

Tabla 1-1. Proyectos asociados a Compañía Minera del Pacífico S.A.

Nombre del Proyecto	RCA
Sistema de Control de Emisiones Planta de Pellets de Huasco	RCA N° 104/2018
Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados	RCA N°246/2010
Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets	RCA N°215/2010
Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo	RCA N° 212/2008
Mejoramiento Tecnológico para la Producción de Concentrados de Minerales de Hierro	RCA N°35/2001
Los Colorados Este	RCA N°4/1997

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo expuesto precedentemente, para la determinación de los efectos asociados a los hechos constitutivos de infracción, se han tomado como referencia los antecedentes referidos a dichos procesos de evaluación.

2 OBJETIVOS

De forma previa a la exposición del contenido de los cargos formulados a CMP y de la descripción de la metodología utilizada, se presentan a continuación los objetivos del informe.

2.1 Objetivo General

Determinar y cuantificar en la medida de lo posible, los efectos ambientales negativos, neutros o positivos, asociados a los hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción en el marco del procedimiento sancionatorio Rol D-002-2018.

2.2 Objetivos específicos

1. Precisar las características específicas, ambientales y administrativas, de cada una de las infracciones imputadas.
2. Determinar los objetivos ambientales de las condiciones, normas y medidas eventualmente infringidas.
3. Analizar y cuantificar cuando corresponda y sea posible, los efectos asociados a las infracciones que se imputan a Compañía Minera del Pacífico S.A. en el marco del procedimiento sancionatorio referido anteriormente.
4. Identificar, precisar y describir los efectos negativos identificados, según corresponda.
5. Las medidas que se proponen en caso de identificarse efectos serán parte del Programa de Cumplimiento como lo indica la SMA.

3 CONTENIDO DE LA FORMULACIÓN DE CARGOS REALIZADA POR LA SMA

3.1 Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen infracciones imputadas a Compañía Minera del Pacífico S.A.

En la siguiente tabla se presentan los cargos formulados contra Compañía Minera del Pacífico S.A. en el procedimiento sancionatorio Rol D-002-2018:

Tabla 3-1. Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción.

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
1	Se omitió el monitoreo de SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , MPS y Fe en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 3 del capítulo V, de la Formulación de Cargos.	8.4 Cal aire; 5.1 PC resp 7 y 10 de RCA N°215 D.E. N°4/1992 art 7° Min Agricultura	Leve
2	Se verificó una superación de los niveles máximos de concentración mensual de Hierro en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 6 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	5.1 PC resp 6 y 19 de RCA 215 D.E. N°4/1992 art 7° Min Agricultura	Leve
3	Se verificó una superación de los valores diarios promedio de emisión en las Chimeneas 2A y 2B, tanto para Óxidos de Nitrógeno (NO _x) como Óxido de Azufre (SO ₂), para los períodos indicados en la Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	6.1 letra b) De RCA 215	Leve
4	Las condiciones de diseño y operación de sistema de abatimiento en chimenea 2A difieren de lo evaluado y aprobado ambientalmente, en los siguientes aspectos: a) El diámetro de la chimenea es 1,4 metros inferior a lo autorizado. b) La velocidad de los gases supera el máximo aprobado, en todos los semestres reportados, según la Tabla N° 5 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	4.2.2.3 Nuevas Instalaciones letra a) a) Fase 1 de RCA 215	Leve
5	No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de material particulado en la Planta de Pellet. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en las inspecciones ambientales que se indican: a) Existen sectores de la malla de protección eólica que cierran perimetralmente los acopios de mineral y carbón, que no poseen paneles de protección (Inspección Ambiental, 2015).	4.2.1 letra b) descarga ferrocarril y c) almacenamiento; 4.7.1; 4.7.1 Comp. Vol. letra a); 5.1.15; 7.1.1; 7.1.1. letra b); 10.9; 12.1.3; 13.4 PAS 94 de RCA 215	Grave

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
	<p>b) Dos de las pilas del sector de acopio, al menos, superan la altura de las mallas de cierre perimetral (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>c) La humectación de las pilas de acopio en Planta de Pellets es deficiente (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).</p> <p>d) En el sector de descarga de preconcentrado, los carros no son encapsulados en base a un sistema de campana para evitar la dispersión de material. En su reemplazo, se instaló un sistema de aspiración de material que no se encontraba en funcionamiento en la inspección (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>e) La correa CV8, que transporta el preconcentrado hacia la Planta de Pellet estaba parcialmente encapsulada, observándose que su protección abarca únicamente dos de sus tres caras (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>f) Las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 (que traslada mineral hacia la zona de embarque) no eran cóncavas sino planas, evidenciándose cantidades variables de pellet feed o pellet sinter sobre ella. Adicionalmente, en la sección correspondiente al polín 384-385, se observó rotura del faldón de tela termofusionada que se fija a ambos lados de la correa (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>g) El Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo se activa a una velocidad superior a la de 6 m/s y no se activa en períodos de preemergencia.</p>		
6	<p>No se han adoptado todas las medidas destinadas a evitar la dispersión de preconcentrado a lo largo de la vía férrea. Ello se manifiesta en los siguientes hechos:</p> <p>a) El enrasador instalado en el punto de carga de preconcentrado, en Mina Los Colorados, presenta deficiencias que impiden asegurar que el acopio de preconcentrado sobrepase la tolva de cada carro del tren (Inspección Ambiental, 2013, 2014, 2015 y 2017).</p> <p>b) El sistema de aspersores empleado para la humectación de la carga de preconcentrado a la salida de los trenes desde Mina Los Colorados, mantiene operativas solo 6 de sus 20 unidades y no cubre toda el área expuesta (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).</p>	<p>4.2.2 de RCA 4</p> <p>7.1.2; 10; 13.4: PC resp 15; Ad 3 resp 3.4 de RCA 215</p> <p>5.1; 7.1.2 letra f); 10 de RCA 246</p>	Grave

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
	<p>c) Las actividades de limpieza de carros en Planta Pellet, no es 100% eficiente, dado que una vez lavados, permanece preconcentrado en los bordes exteriores y en la zona baja de algunas tolvas (Inspección Ambiental, 2015 y 2017).</p> <p>d) Algunas de las cúpulas inspeccionadas no cumplen con las dimensiones autorizadas (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).</p> <p>e) Frente a la falta de efectividad de las medidas, no se han implementado medidas de mitigación adicionales para contener el MP y evitar su dispersión en la vía férrea.</p>		
7	<p>El transporte de preconcentrado por vía férrea se ejecutó bajo condiciones diversas a las aprobadas ambientalmente lo que se manifiesta en:</p> <p>a) El número de carros por cada ferrocarril que transporta preconcentrado de hierro hasta la Planta de Pellets, supera el máximo de tolvas autorizado, según lo constatado en inspecciones establecidas en la Tabla N° 8 del Cap. V de la Formulación de Cargos.</p> <p>b) La carga de cada tren supera el máximo autorizado, durante todos los meses del período comprendido entre enero de 2013 y septiembre de 2015, según información remitida por el titular y consignada en Tabla N° 9 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.</p>	<p>4.2.2 Sistema Ferroviario de RCA 215</p> <p>4.3.2 Sector vía férrea de RCA 246</p>	Grave
8	<p>La limpieza de la vía férrea no se ha ejecutado conforme a lo autorizado ambientalmente, en los siguientes sentidos:</p> <p>a) En tramo Mina Los Colorados-Estación Maitencillo:</p> <p>i. Se realiza con periodicidad aleatoria y no trimestralmente.</p> <p>ii. Se realiza de forma deficiente toda vez que se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en Tabla N° 10 del Cap. V de la Formulación de Cargos.</p> <p>b) En tramo Estación Maitencillo-Planta de Pellets:</p> <p>iii. No se reporta a la autoridad la limpieza periódica.</p>	<p>7.1.2 Vía férrea; 8.5 Señalización vía férrea de RCA 215</p> <p>7.1.2; 10.1 y 13.5 PAS 94 de RCA 246</p>	Grave

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
	iv. Se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en tabla N° 10 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.		
9	<p>No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de MP en mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en inspección ambiental de 2015:</p> <p>a) La correa N° 2741 -que transporta el preconcentrado desde la torre de carguío hacia los trenes que son cargados- no cuenta con sistema de humectación.</p> <p>b) El sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719 - que conecta la planta de beneficio con el acopio principal que alimenta el carguío- y está conformado por 2 aspersores en serie no operativos.</p> <p>c) Caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719 con alta generación de material en suspensión.</p> <p>d) Inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles.</p>	7.1.2 de RCA 246	Grave
10	Se efectuó transporte de preconcentrado de hierro mediante camiones, directamente desde mina Los Colorados hasta la Planta de Pellets, lo que no se encontraba autorizado ambientalmente. Tal acción se extendió durante todo el período comprendido entre enero de 2013 y hasta marzo de 2015, exceptuándose únicamente los meses de febrero, noviembre y octubre de 2014.	5.1 de RCA 215 13.4 PAS 94 de RCA 246	Grave
11	No se ha construido un canalón de encauzamiento de aguas en el botadero de estériles de Mina Los Colorados para un evento centenario.	13.2 PAS 88 de RCA 246	Leve
12	<p>No se han implementado todas las medidas comprometidas para evitar emisiones de ruido generado por el transporte de ferrocarriles, según los siguientes hechos:</p> <p>a) Se constató que el cambio de rieles no se había efectuado en su totalidad en el tramo comprendido entre Planta Pellets y Mina Los Colorados (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).</p>	<p>4.2.; 4.2.2; 4.3; 7.1.2 vía férrea; 7.1.3 ruido; 7.4 de RCA 215</p> <p>7.1.2 letra b) ruido de RCA 246</p>	Grave

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
	b) No se ha construido Pantalla Acústica en sector Huasco Bajo, casa aislada, Coordenadas E287125-N6848300 (Inspección Ambiental, 2015).		
13	No se han implementado todas las medidas comprometidas para la protección del hábitat de la fauna en sector de Mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos: a) La relocalización de especies de herpetofauna en un área que comprende aproximadamente 40 hectáreas de superficie que no fue evaluada ni aprobada ambientalmente para realizar dicha medida, desconociéndose -además- el número de individuos relocalizados en ella. b) El relleno sanitario de mina Los Colorados no se encuentra cerrado en la parte contigua a la ladera del cerro, verificándose huellas y fecas de cánidos en el área de dicho relleno.	Adenda 2 Resp 3.5 de RCA 246 ICE RCA 4 numeral 4.2 tabla s/n	Grave
14	El efluente líquido derivado del proceso de la Planta de Pellets, y que contiene relaves, ha sido descargado al mar bajo las siguientes condiciones: a) Con un porcentaje de sólidos inferiores a 50%; y b) Por un caudal superior al que fue aprobado ambientalmente correspondiente a 4.700 m3/día, según consta en Tabla N° 7 del Cap. V de la Formulación de Cargos.	4.2.1 letra k) espesador de colas y emisario; 4.4.2.1 efluente minero relave; ICE II.4.1 Fase I; ICE II.1 de RCA 215 DGTm y MM Ord 12.600/218/VRS 2002 Cons 1.a)	Grave
15	El titular se encuentra operando un sistema de depositación de relaves, que descarga dicho efluente en el mar, a 35 metros de profundidad, sin contar con la respectiva autorización ambiental. Ello se ha verificado, al menos, desde el 31 de marzo de 2017.	Ley 19.300 art 8° y 10° DS 40 art 3° 4.2: 4.4.2.1; 10.11 b) Condiciones y exigencias especiales y RESUELVO de RCA 215	Gravísima
16	El titular informó el cierre del proyecto "Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo" (RCA N° 212/2008) el 15 de abril de 2015, en circunstancias que la operación cesó desde mediados de 2012.	Ord 574/2012 modificado por RE N°1518/2014 de SMA art i° y art 2° y RCA N° 212/2008	Leve
17	El titular omite las siguientes obligaciones contenidas en el D.S. N° 46/2002:	Res Ex 93/2014 art 4°	Leve

Identificador del hecho	Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la infracción	Referencia	Clasificación de la infracción
	<p>a) La entrega dentro de plazo de los autocontroles para los períodos de febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015; para enero, febrero y marzo de 2016 y junio de 2013.</p> <p>b) Informe de remuestreos de los meses de abril, mayo y noviembre de 2012, y enero, febrero, abril, mayo y julio de 2015.</p> <p>c) Informe de autocontrol de todas las muestras indicadas en su programa de monitoreo, para los períodos de marzo y junio de 2013.</p>	Res Ex 1391 2008 SISS numeral 3.2	
18	Se verifica una superación en los niveles máximos permitidos de ciertos contaminantes establecidos en la norma de emisión, durante los meses de diciembre de 2014 y diciembre de 2015, según tabla N° 2 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.	D.S. N°46 art 15° y 16° Res Ex 1391 2008 SISS numeral 3.2	Leve
19	<p>Omisión de entrega de todos los antecedentes requeridos mediante Res. Ex. N° 29 de la SMA de 28 de agosto de 2017. Específicamente, no incluye:</p> <p>a) Datos correspondientes al análisis semestral de los elementos disueltos en la columna de agua en puntos representativos de la ensenada Chapaco, para el año 2016.</p> <p>b) Registros de turbidez para el mes de marzo, en el Programa de Vigilancia Ambiental de 2016, tanto para el punto de Ensenada Chapaco como para el punto de medición externo, por lo que no es posible establecer el real estado de las aguas superficiales en el año 2016.</p>	LOSMA art 3° literal c)	Leve
20	<p>Las medidas provisionales no fueron ejecutadas conforme a lo ordenado por Res. N° 1315. Ello se manifiesta en:</p> <p>a) El titular no implementó el encarpado de los vagones a efectos de evitar la dispersión del concentrado de hierro durante su traslado desde Mina Los Colorados a Planta Pellets.</p> <p>b) El titular realizó y reportó una limpieza parcial de la vía férrea, únicamente en determinados sectores, conforme a lo consignado en las Tablas N° 9 y N° 10 del Cap. VI, y el cons. 100 de la Formulación de Cargos.</p>	LOSMA art 48° literal a)	Grave

Fuente: Procedimiento Sancionatorio Rol D-002-2018, SMA.

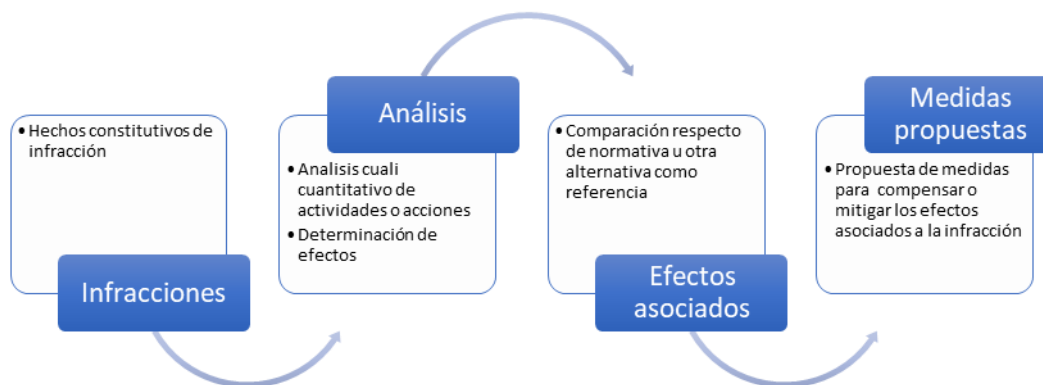
4 METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología general utilizada para identificar, describir y estimar los efectos asociados a los hechos expuestos en el capítulo anterior y que se imputan a Compañía Minera del Pacífico (ver Figura 4-1).

Para evaluar los efectos asociados a las infracciones imputadas a CMP, en primer lugar, son identificadas, las actividades, acciones u omisiones que podrían generar efectos sobre uno o más componentes ambientales susceptibles de afectación. Una vez identificadas resulta necesario cuantificar o precisar el o los efectos que esta situación podría haber generado durante todo el período de permanencia de la infracción, sin descartar ninguna afectación que pudiera generarse en el medio ambiente.

De esta manera, a partir del análisis de los efectos, una vez que se constata la afectación sobre algún componente ambiental se proponen medidas que serán parte integrante del Programa de Cumplimiento. La figura siguiente resume el proceso que se desarrolla para la preparación del Informe de Efectos.

Figura 4-1: Metodología para estimación de efectos



Fuente: elaboración propia

Para ejemplarizar lo anterior y debido a que parte importante de los hechos indicados en el proceso sancionatorio se relacionan con emisiones a la atmosfera, se describe para esta componente la aplicación de la siguiente metodología:

- Cuantificación de las emisiones de contaminantes.
- Modelación de la dispersión de estos en el ambiente.
- Determinación del aporte de estas actividades a la calidad del aire.

- Análisis del aporte a la concentración del contaminante en la atmosfera y comparación con valores de referencia para el contaminante evaluado.

4.1 Descripción del hecho, acto u omisión

Con el propósito de analizar y evaluar cada infracción imputada, se revisaron los informes emitidos por la SMA asociados a las actividades de fiscalización ambiental que fueron llevadas a cabo entre los años 2013 y 2017. Los hallazgos de dichas actividades, contenidos en los referidos informes, fueron la base de la formulación de cargos realizada en contra de Compañía Minera del Pacífico S.A. mediante Resolución Exenta N°1/Rol D-002-2018 de fecha 10 de enero de 2018 (Considerando IV Gestiones realizadas por la SMA en relación con los proyectos objeto de formulación de cargos). Esta información permite contextualizar el hecho, acto u omisión que constituye la infracción imputada.

4.2 Identificación de las Condiciones normas y medidas infringidas

Para cada hecho constitutivo de infracción se identificaron las condiciones, normas y medidas infringidas.

4.3 Objetivo ambiental asociado a las condiciones, normas, y medidas infringidas

Para evaluar los efectos asociados a las infracciones que se imputan en la formulación de cargos, se revisó el expediente de evaluación ambiental de cada proyecto objeto de la formulación de cargos, para así poder determinar el objetivo ambiental al cual apunta la condición, norma o medida eventualmente infringida.

4.4 Análisis de los potenciales efectos negativos

Con el objeto de determinar la existencia de posibles efectos para cada hecho constitutivo de infracción, se analizó el objetivo ambiental para precisar, determinar y cuantificar (cuando sea posible) si producto de la infracción imputada se generó un efecto negativo. Las actividades realizadas para este análisis son:

1. Revisión de antecedentes declarados en cada proyecto.
2. Revisión de la RCA de cada proyecto y su correspondiente Informe Consolidado de Evaluación (ICE).
3. En caso necesario, visita a terreno para generar registros fotográficos de las áreas intervenidas u obras y actividades relacionadas.
4. Entrevistas presenciales y a distancia con los profesionales y directivos de CMP
5. Revisión de imágenes (satelitales o en Google) que permitan identificar y visualizar la condición del terreno previo a su intervención.
6. Elaboración de informes de especialistas con juicio experto.
7. Conocimiento del entorno de las faenas por el Consultor.

8. Análisis de información para objetivar tendencias y/o cambios relevantes.

4.5 Incorporación de respuesta a todas las observaciones de la SMA de su Resolución N°13 del 31 de octubre del 2018

En el presente informe se incorporan todas las respuestas a las observaciones de la SMA realizadas al informe de efectos. Para facilitar la comprensión del informe actualizado, la respuesta a las observaciones se integra en el hecho infraccional que corresponde en el subcapítulo análisis de potenciales efectos negativos donde corresponda. Las respuestas a las observaciones serán indicadas con referencia al número del considerando de la resolución de la SMA.

5 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS ASOCIADOS A LOS HECHOS QUE SE ESTIMAN CONSTITUTIVOS DE INFRACCIÓN

A continuación, se describen y analizan los hechos, con el objeto de identificar y determinar los efectos asociados estimados como constitutivos de infracción. Para efectos de ordenar el análisis, se agrupan los cargos bajo dos sistemas referenciales. El primero por ubicación geográfica de las obras, actividades y efectos (Planta de Pellets, Transporte Ferroviario y Mina Los Colorados) y en segundo término aquellos hechos de reporte (falta de). Se ha dejado fuera de esta clasificación el Hecho 20 relacionado con medidas provisionales que se analiza de manera independiente. A su vez dentro de la clasificación territorial se han sub agrupado los Hechos por temática ambiental (aire, hídrica, etc.).

5.1 Hechos relacionados con falta de reporte

5.1.1 HECHO 1:

Se omitió el monitoreo de SO₂, NO₂, O₃, MPS y Fe en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 3 del capítulo V, de la Formulación de Cargos.

5.1.1.1 Descripción del Hecho

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°1 del resuelto I. 1., el hecho constitutivo de infracción correspondería a la omisión del monitoreo de SO₂, NO₂, O₃, MPS y Fe en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 3 del capítulo V de la formulación de cargos.

Al respecto, la indicada Tabla N° 3, señala lo siguiente:

Tabla 5-1 Estaciones y periodos con omisión de reportes y/o monitoreo

Contaminante	Estación	Periodo
SO ₂ y NO ₂	Población Huasco II	Enero - julio 2013
O ₃	Población Huasco II	Enero - noviembre 2013

MPS y Fe en MPS	Población Huasco II	Enero - julio 2013
	Población Huasco II	Mayo 2015
	Estación N°6	Marzo 2014
	Estación N°1	Septiembre y noviembre 2014
	Estación N°5	Septiembre 2014
	Estación N°1 a N 6	Noviembre 2015
	Estación N°1	Febrero 2016
	Estación N°3	Febrero 2016

5.1.1.2 **Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas**

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°1, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 215/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 8.4 Calidad de Aire:** En el marco del presente Proyecto, y a fin de llevar a cabo un seguimiento de las normas de calidad del aire primarias, el titular se compromete a la entrega mensual de los resultados del monitoreo discreto tipo Hight- Vol (medición discontinua) de MP10 en la estación “Población Huasco II”, Adicionalmente se monitoreará SO₂ y NO₂ (monitoreo continuo) y con periodicidad trimestral O₃ (...)

(...) Adicionalmente, se implementará en la Estación de “población Huasco II”, un equipo de medición de material particulado sedimentable, y a fin de llevar a cabo un seguimiento de la norma secundaria de contenido de Hierro en el Material Particulado Sedimentable, se entregarán mensualmente los resultados de la tasa de precipitación promedio mensual en cada una de las seis estaciones (...)

(...) Además el titular entregará a la I. Municipalidad de Huasco los resultados mensuales del monitoreo MPS que se realizan Entrega de información: Se enviará un informe trimestral con los resultados de las mediciones de calidad del aire a la SEREMI de Salud de Atacama, Servicio Agrícola y Ganadero y CONAMA Región de Atacama (...)

- **Considerando 5.1 Síntesis Participación Ciudadana. Respuesta N° 4:** (...) No obstante, el titular ha comprometido monitorear en la estación Población Huasco II, ubicada en las coordenadas UTM 281.803 Este y 6.849.374 Norte referidas al datum PSAD56, PM10, SO₂ y NO₂ de forma mensual, además de O₃ de forma trimestral, resultados que serán puestos a disposición de la autoridad competente. El titular ha señalado, además, que los criterios de monitoreo corresponderán a aquellos establecidos en la normativa vigente.
- **Considerando 10. Condiciones o Exigencias Específicas:** (...) 10.11. Respecto de los análisis químicos del MP-10, se acepta la propuesta del titular de realizar análisis mensual de V, Ni, Cr y Fe. No obstante, lo anterior, existe norma de calidad primaria para plomo en el aire (D.S. 136/2000), por lo que se instruye a implementar análisis de los filtros de MP-10 para plomo

conforme a lo que establece dicha normativa, evaluando cumplimiento de ésta. Lo anterior considerando que el presente proyecto no es el único aportante a la calidad del aire de la localidad de Huasco.

- **Finalmente se estima que el titular del proyecto habría infringido lo indicado en el Decreto Exento N° 4/1992, del Ministerio de Agricultura, más específicamente, lo establecido en el artículo 7 del citado cuerpo legal:**

“Artículo 7: Para los efectos del monitoreo de la calidad del aire, se considerarán válidas las mediciones de concentraciones de material particulado sedimentable que cumplan las siguientes condiciones: (...) d) Las mediciones serán ininterrumpidas y permanentes a partir de la instalación de la red; no obstante, se considerará válida la información presentada cuando se cumpla con los siguientes períodos mínimos de medición: 27 días para la estimación de un mes calendario 11 meses para el cálculo de los valores anuales. La Dirección Regional del Servicio Agrícola y Ganadero de la III Región, mediante resolución fundada, podrá autorizar lapsos inferiores de validación a los indicados, cuando las circunstancias así lo justifiquen. En ningún caso se podrá autorizar validaciones que correspondan a lapsos de medición inferiores al 75 % de los días de un mes o de los meses de un año.

5.1.1.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones y normas infringidas se relaciona directamente con el seguimiento y monitoreo de la variable ambiental calidad del aire.

En este sentido, y en forma general el monitoreo de esta variable tiene como objetivo advertir sobre los potenciales riesgos que se pudieren presentar en caso de superación de las normas relacionadas, y así evaluar si las medidas de seguimiento que se implementan son adecuadas y efectivas, e identificar la necesidad de establecer otras medidas adicionales, de ser necesario.

Las especificaciones del programa de monitoreo se refieren esencialmente a la definición de los parámetros a medir, la frecuencia recomendada, las estaciones de medición y la reportabilidad de los datos e información obtenida, que sirve para comparar los límites de operación definidos para el proyecto con la normativa aplicable, considerando la trazabilidad de la variable ambiental y la necesidad de conocer su comportamiento y evolución en el tiempo.

Considerando lo indicado en el capítulo anterior (condiciones y normas eventualmente infringidas), se analizará, en los párrafos siguientes, a la luz de las obligaciones y compromisos medioambientales que el proyecto mantiene vigente en su licencia ambiental (RCA), los efectos que eventualmente pudiere presentar la omisión de los monitoreos indicados en este cargo.

5.1.1.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Tal como se indicó precedentemente, el presente análisis busca determinar los efectos que eventualmente pudiere presentar la omisión de los monitoreos indicados en este cargo.

Sobre el particular, y conforme a las obligaciones infringidas de la RCA 215/2010 citadas precedentemente, queda de manifiesto que el titular había comprometido monitorear y entregar los siguientes reportes:

- (i) Entrega mensual de los resultados del monitoreo discreto tipo High- Volt (medición discontinua) de MP10 en la estación “Población Huasco II”, Adicionalmente se monitoreará SO₂ y NO₂ (monitoreo continuo) y con periodicidad trimestral O₃ (...)
- (ii) Se implementará en la Estación de “población Huasco II”, un equipo de medición de material particulado sedimentable, y a fin de llevar a cabo un seguimiento de la norma secundaria de contenido de Hierro en el Material Particulado Sedimentable, se entregarán mensualmente los resultados de la tasa de precipitación promedio mensual en cada una de las seis estaciones
- (iii) Análisis mensual de V, Ni, Cr y Fe. No obstante, lo anterior, existe norma de calidad primaria para plomo en el aire (D.S. 136/2000), por lo que se instruye a implementar análisis de los filtros de MP-10 para plomo conforme a lo que establece dicha normativa, evaluando cumplimiento de ésta
- (iv) Estación Población Huasco II, ubicada en las coordenadas UTM 281.803 Este y 6.849.374 Norte referidas al datum PSAD56, PM10, SO₂ y NO₂ de forma mensual, además de O₃ de forma trimestral, resultados que serán puestos a disposición de la autoridad competente.

Se entregan cartas y documentos oficiales enviados a la autoridad donde se constata con estaciones de monitoreo cercanas y/o análisis de series de tiempo, la probabilidad de superación de normas.

Para un completo análisis, se deben tener en consideración ciertos antecedentes que el titular ha presentado a la autoridad fiscalizadora y en los cuales puede determinarse la existencia de información relevante para efectos de verificar el monitoreo sobre los períodos y parámetros solicitados. Si bien el propósito de este informe busca determinar los eventuales efectos que se pudieren haber generado con motivo de la omisión de los monitoreos.

En la Tabla 5-2 se establece la causa de la omisión o falta de registro de monitoreo y hace referencia a los documentos que explican cada caso, y que se adjuntan a este informe.

Tabla 5-2 Aclaración de los periodos con omisión de reportes y/o monitoreo

Contaminante	Estación	Periodo	Justificación	Documentos adjuntos ⁽¹⁾
SO ₂ y NO ₂	Población Huasco II	Enero - julio 2013	El monitoreo se inició en agosto de 2013.	Carta GG-CA-O-O-160-NAG de fecha 18 de diciembre de 2015 remitida en respuesta a la Res. Ex. 1084 de 23 nov. 2015 de la SMA.
O ₃	Población Huasco II	Enero - noviembre 2013	El monitoreo se inició en agosto de 2013.	Carta GG-CA-O-O-160-NAG de fecha 18 de diciembre de 2015 remitida en respuesta a la Res. Ex. 1084 de 23 nov. 2015 de la SMA

Contaminante	Estación	Periodo	Justificación	Documentos adjuntos ⁽¹⁾
MPS y Fe en MPS	Población Huasco II	Enero - julio 2013	El monitoreo se inició en agosto de 2013	Carta GG-CA-O-O-160-NAG de fecha 18 de diciembre de 2015 remitida en respuesta a la Res. Ex. 1084 de 23 nov. 2015 de la SMA
	Población Huasco II	Mayo 2015	Muestra perdida durante el transporte (página 19 del Informe de SERPRAM).	Monitoreo de calidad del aire y de parámetros meteorológicos en estación Población Huasco II.
	Estación N°6	Marzo 2014	Estación con nueva ubicación, debidamente autorizada. No se efectúa sorteo por cambio anticipado de la estación (ver observaciones informe SGS)	Informe SGS, Red de Monitoreo Valle del Huasco, 28 febrero al 31 de marzo 2014
	Estación N°1	Septiembre y noviembre 2014	Botellas colectoras no se encontraban, fueron robadas (ver página 2 del informe adjunto)	Informe de análisis estación 1 SGS ES14-34875 del 29 de agosto al 30 de septiembre 2014 e informe de análisis SGS ES14-41325 de noviembre 2014
	Estación N°5	Septiembre 2014	Robo de dos embudos y dos botellas (ver página 2)	Informe de análisis estación 5 SGS ES14-34875, septiembre 2014
	Estación N°1 a N 6	Noviembre 2015	El mes de noviembre de 2015, por error no se registró en plataforma de seguimiento SMA el informe de MPS, situación que fue corregida el día 25 de enero de 2018.	Informe de monitoreo de sedimentación de material particulado MPS noviembre 2015 y comprobante ingreso del MPS noviembre 2015
	Estación N°1	Febrero 2016	Embudos colectores fueron robados (ver Tabla 1 adjunto)	Informe de monitoreo de sedimentación de material particulado MPS febrero 2016
	Estación N°3	Febrero 2016	Embudo colector 3A fue robado (ver Tabla 1 adjunto)	Informe de monitoreo de sedimentación de material particulado MPS febrero 2016

(1) Cada uno de estos documentos se presentan en el Anexo 1: Documentos Hecho N°1

Fuente: Elaboración propia

En razón de lo antes indicado, y considerando que, por el motivo que haya tenido el titular, la autoridad no recibió en tiempo y forma los monitoreos indicados en este cargo, estimando que esta actividad se omitió en los períodos señalados en la Tabla N° 3 del capítulo V de la Formulación de Cargos (Tabla 5-1 en este informe), se hace necesario determinar el efecto generado por no reportabilidad de estos monitoreos. Para esto se procede a verificar en estaciones de monitoreo cercanas y/o análisis de series de tiempo, la probabilidad de superación de normas en los períodos con omisión de información, el resultado de este análisis se muestra en la Tabla 5-3, mientras que la ubicación de las estaciones utilizadas en el análisis se muestran en la Figura 5-1 y Tabla 5-4.

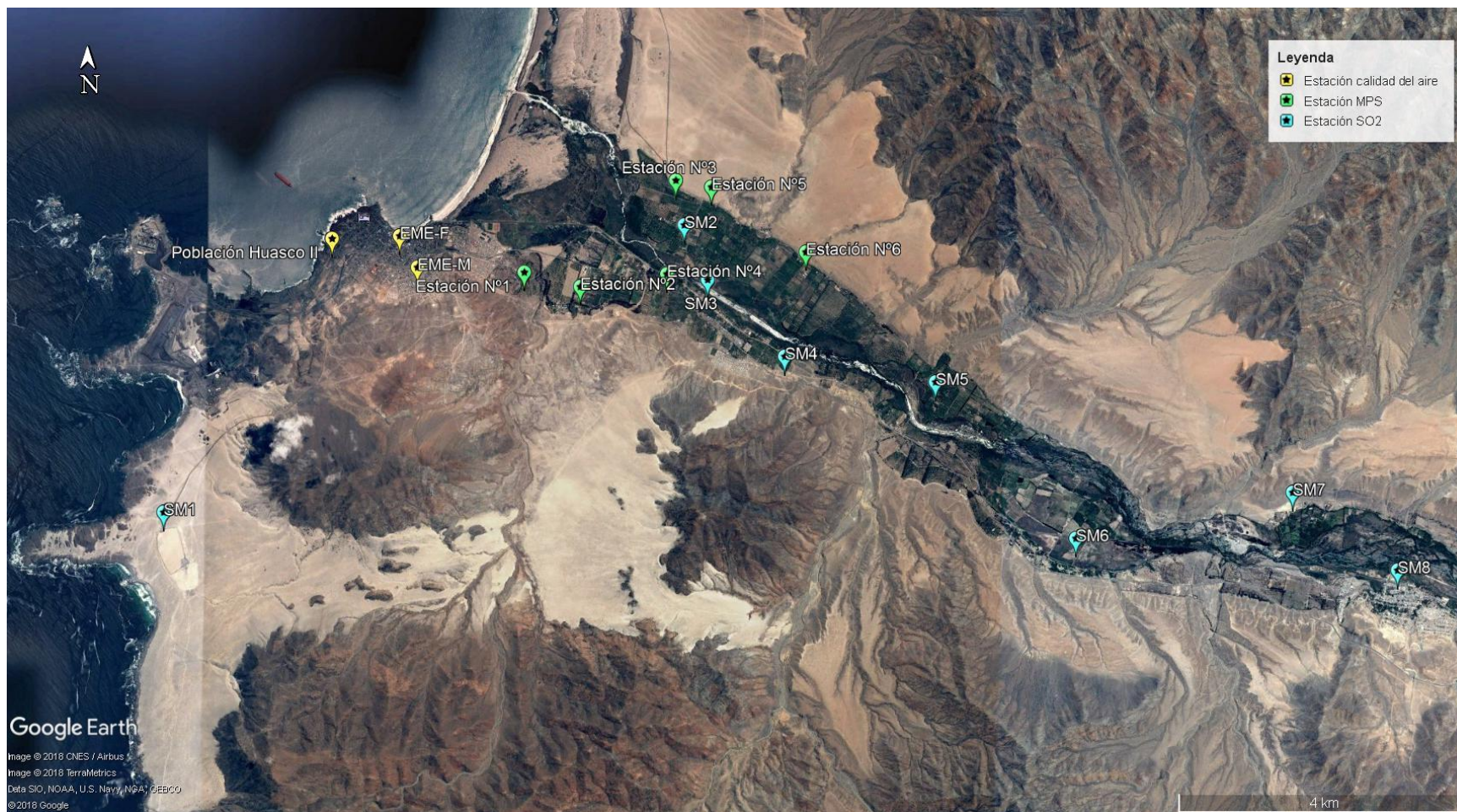
A continuación de la tabla se describen los casos uno a uno.

Tabla 5-3 Cumplimiento de normas en estaciones cercanas a los registros omitidos

Contaminante	Caso	Estación	Periodo	Otras estaciones	Superación de normas umbrales
SO ₂ y NO ₂	1	Población Huasco II	Enero - julio 2013	- No existe superación de normas SO ₂ año 2013 estaciones SM1 a la SM8 - No existe superación de normas de NO ₂ año 2013 en estaciones EME-F y EME-M	No
O ₃	2	Población Huasco II	Enero - noviembre 2013	O ₃ 2014 al 2017 en Población Huasco II no ha superado normas y NO ₂ medido en estaciones EME-F y EME-M no presentó grandes cambios entre los años 2013 y 2014	No
MPS y Fe en MPS	3	Población Huasco II	Enero - julio 2013	No se registra superación de norma mensual para el promedio de las 6 estaciones de MPS del Valle, para ninguno de los meses de entre enero y julio 2013, ni el promedio anual 2013.	No
	4	Población Huasco II	Mayo 2015	No se registra superación de normas para el promedio de 6 estaciones de MPS del Valle	No
	5	Estación N°6	Marzo 2014	No se registra superación de normas para el promedio de 5 estaciones restantes de MPS del Valle	No
	6	Estación N°1	Septiembre y noviembre 2014	Se supera solo el MPS promedio de la red de 5 estaciones restantes en noviembre 2014.	Si, noviembre 2014
	7	Estación N°5	Septiembre 2014	No se registra superación de normas mensuales de MPS en el promedio de las 4 estaciones disponibles	No
	8	Estación N°1 a N° 6	Noviembre 2015	No se registra superación de normas para el promedio de 6 estaciones de MPS del Valle	No
	9	Estación N°1	Febrero 2016	No se registra superación de normas mensuales de MPS en el promedio de las 4 estaciones disponibles	No
	10	Estación N°3	Febrero 2016	No se registra superación de normas mensuales de MPS en el promedio de las 4 estaciones disponibles	No

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-1 Ubicación de Estaciones de monitoreo existentes en el Valle del Huasco



Fuente: Elaboración propia

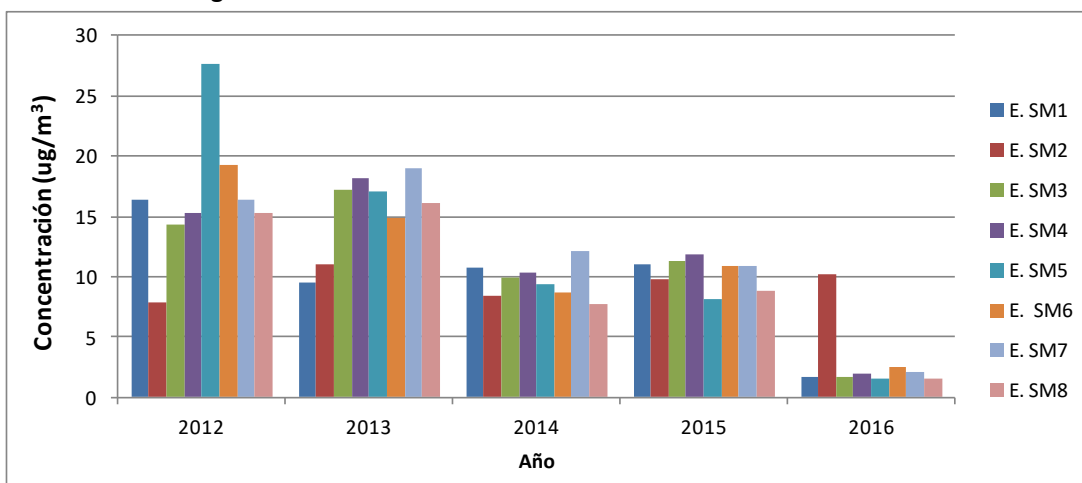
Tabla 5-4 Coordenadas estaciones monitoras

Estación de Monitoreo	Ubicación	
	(UTM, WGS84-H19)	
	Este	Norte
Población Huasco II	281.593	6.849.068
EME-M	282.774	6.848.697
EME-F	282.520	6.849.122
Estación N°1	284.244	6.848.655
Estación N°2	285.017	6.848.473
Estación N°3	286.302	6.849.951
Estación N°4	286.202	6.848.667
Estación N°5	286.793	6.849.869
Estación N°6	288.106	6.849.002
SM1	279.366	6.845.292
SM2	286.430	6.849.342
SM3	286.764	6.848.599
SM4	287.841	6.847.571
SM5	289.917	6.847.258
SM6	291.874	6.845.164
SM7	294.837	6.845.843
SM8	296.289	6.844.810

Fuente: Elaboración propia

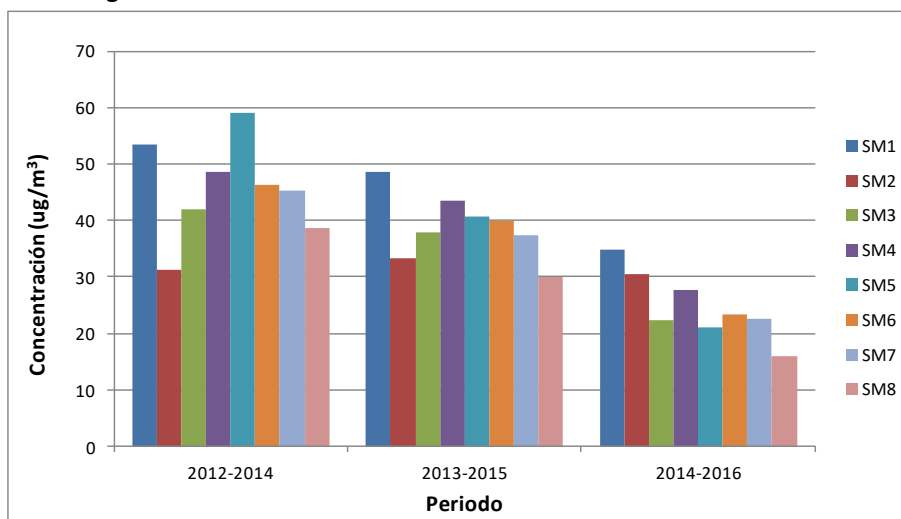
Para el caso 1, omisión de registros de NO₂ y SO₂ en Población Huasco II entre enero 2013 y julio 2013 se verifica en la Figura 5-2 que no existe superación de la norma anual de SO₂ de 80 µg/m³ en ninguna de las estaciones del valle (SM1 a SM8) durante el año 2013 y en la Figura 5-3 se verifica que no existe superación de la norma diaria de SO₂ de 250 µg/m³ para ninguna de las estaciones del valle durante el año 2013. Para el mismo período, Figura 5-4 y Figura 5-5 muestran que no existen superaciones a las normas anuales y horarias de NO₂ en la estación EME-F, cuyos umbrales son de 100 µg/m³ y 400 µg/m³ respectivamente. De igual manera la Figura 5-6 y Figura 5-7 muestran que tampoco existen superaciones a las normas anuales y horarias de NO₂ en la estación EME-M.

Figura 5-2 Concentraciones anuales SO₂ en estaciones SM1 - SM8



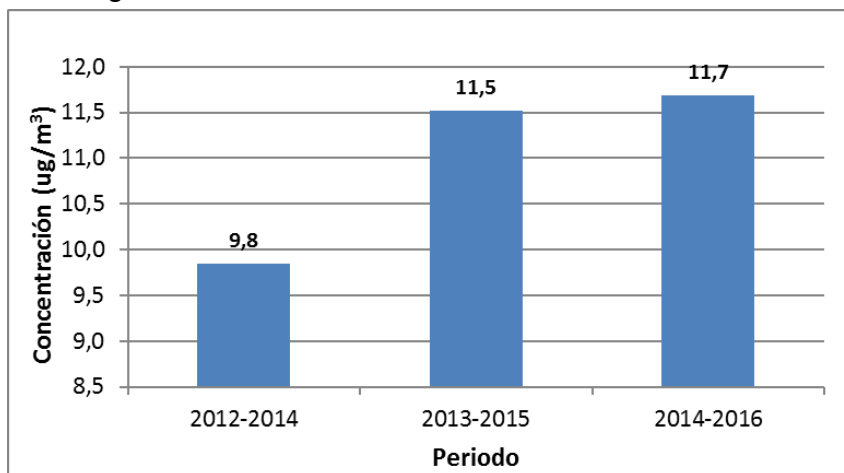
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-3 Concentraciones trianuales SO₂ en estaciones SM1 - SM8



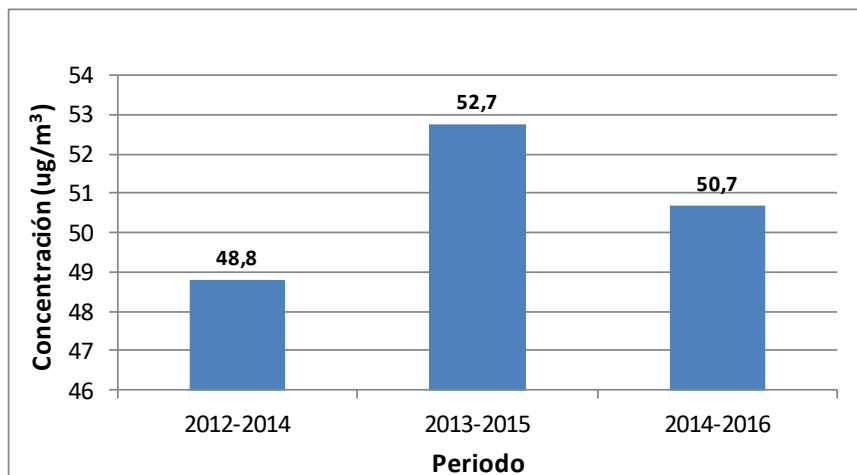
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4. Concentraciones trianuales NO₂ en estación EME-F



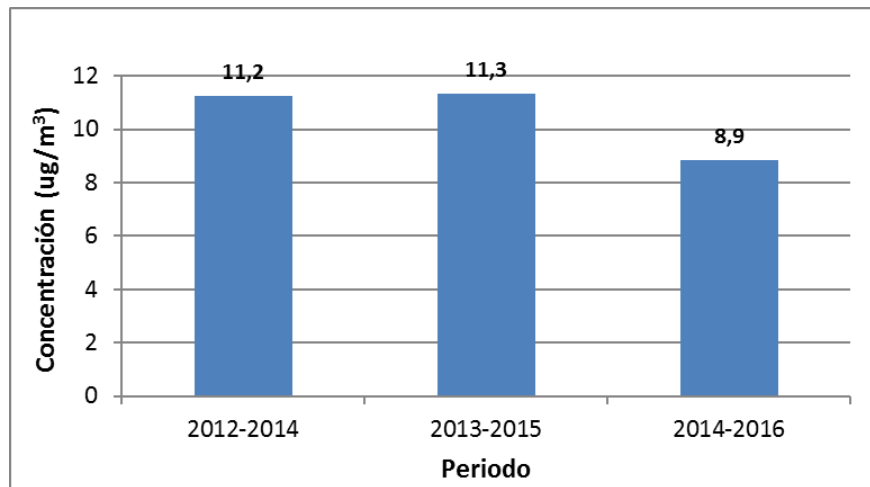
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-5. Concentraciones percentil 99 máximos diarios NO₂ en estación EME-F



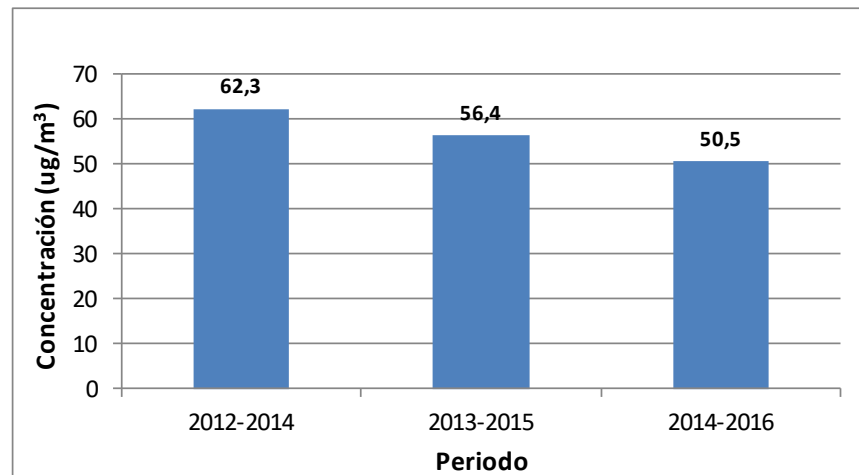
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-6. Concentraciones trianuales NO₂ en estación EME-M



Fuente: Elaboración propia

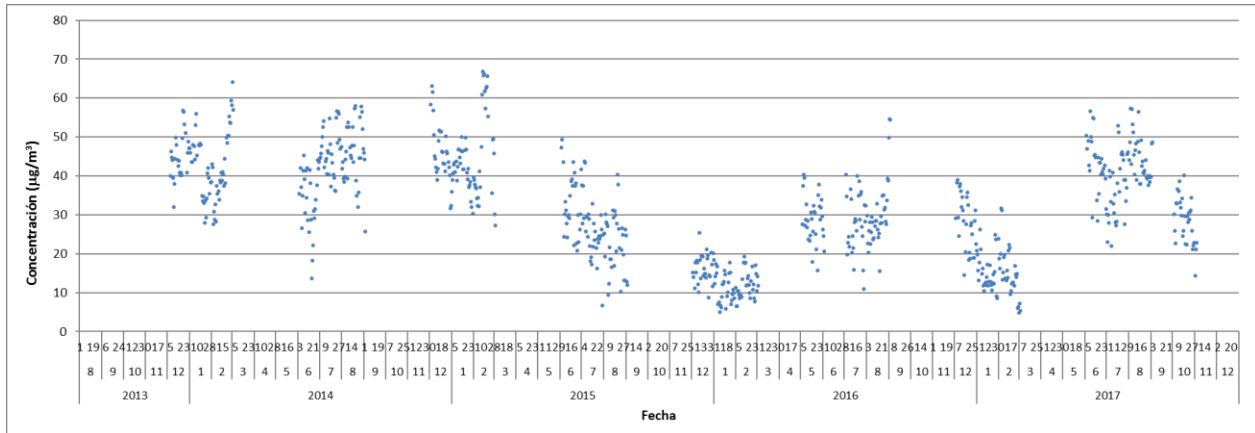
Figura 5-7 Concentraciones percentil 99 máximos diarios NO₂ en estación EME-M



Fuente: Elaboración propia

Para el caso 2, si bien no existen registros de ozono en estaciones cercanas en Población Huasco II, la Figura 5-8 muestra que no existen registros horarios del promedio móvil de 8 horas que superen la norma entre diciembre del año 2013 a diciembre del año 2017. Adicionalmente, considerando que el NO_x es uno de los compuestos precursores de ozono, en la Figura 5-4 a la Figura 5-7 se puede verificar que las concentraciones de NO₂ no presentaron gran variación entre los años 2012 y 2016.

Figura 5-8. Concentración horaria móvil de 8 horas de O₃ años 2013 a 2017 en estación Población Huasco II

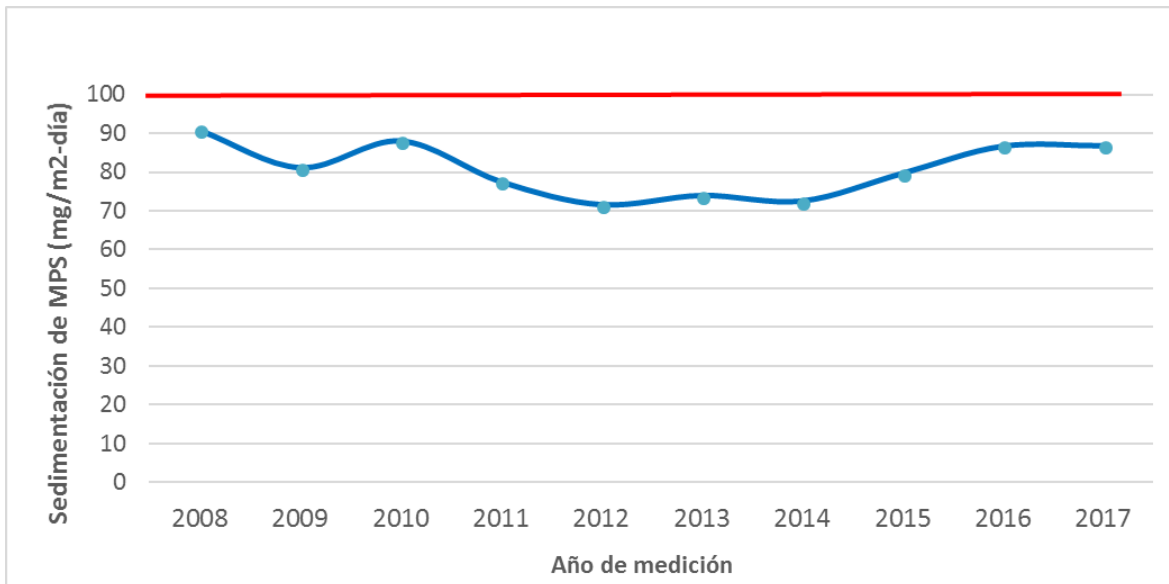


Fuente: Elaboración propia

El caso 3 y 4 corresponden a falta de registros de MPS y Fe en el MPS en estación Población Huasco II, estación que cabe indicar que es solo de referencia ya que no está dentro del Decreto Exento N° 4/1992, del Ministerio de Agricultura.

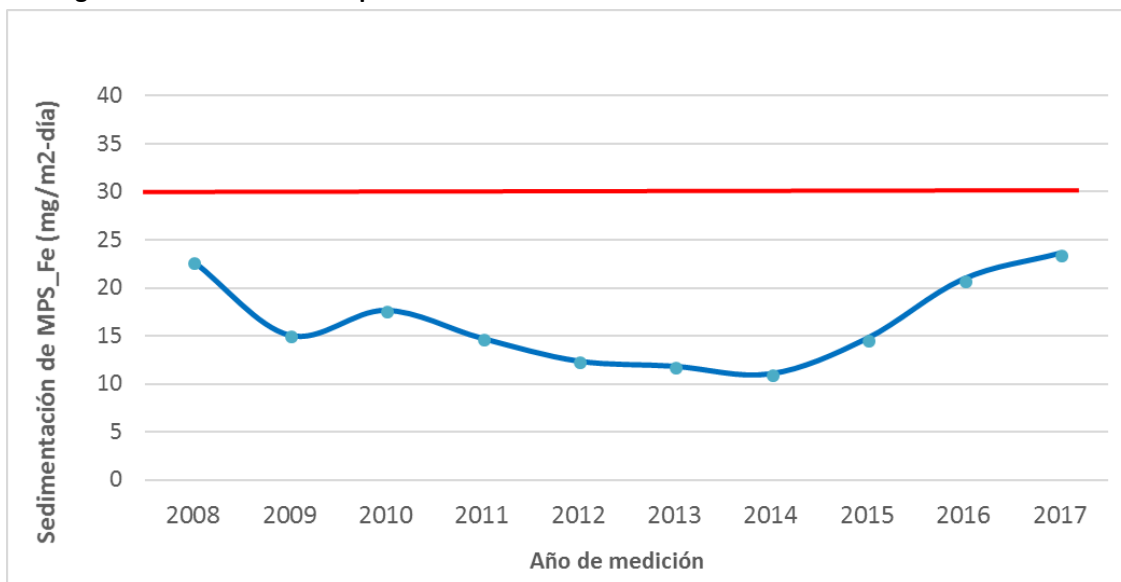
Del caso 5 al caso 10 todos corresponden a falta de registros de MPS y Fe en el MPS. El estado reportado de cada uno de ellos se verifica en las siguientes figuras. De los años con meses donde existen datos omitidos, años 2013 al 2016, se puede verificar que no existen superaciones de las normas anuales de MPS ni de contenido de Hierro en el MPS.

Figura 5-9. Sedimentación anual de MPS entre año 2008 y al 2017 – Promedio todas las estaciones



Fuente: Elaboración propia

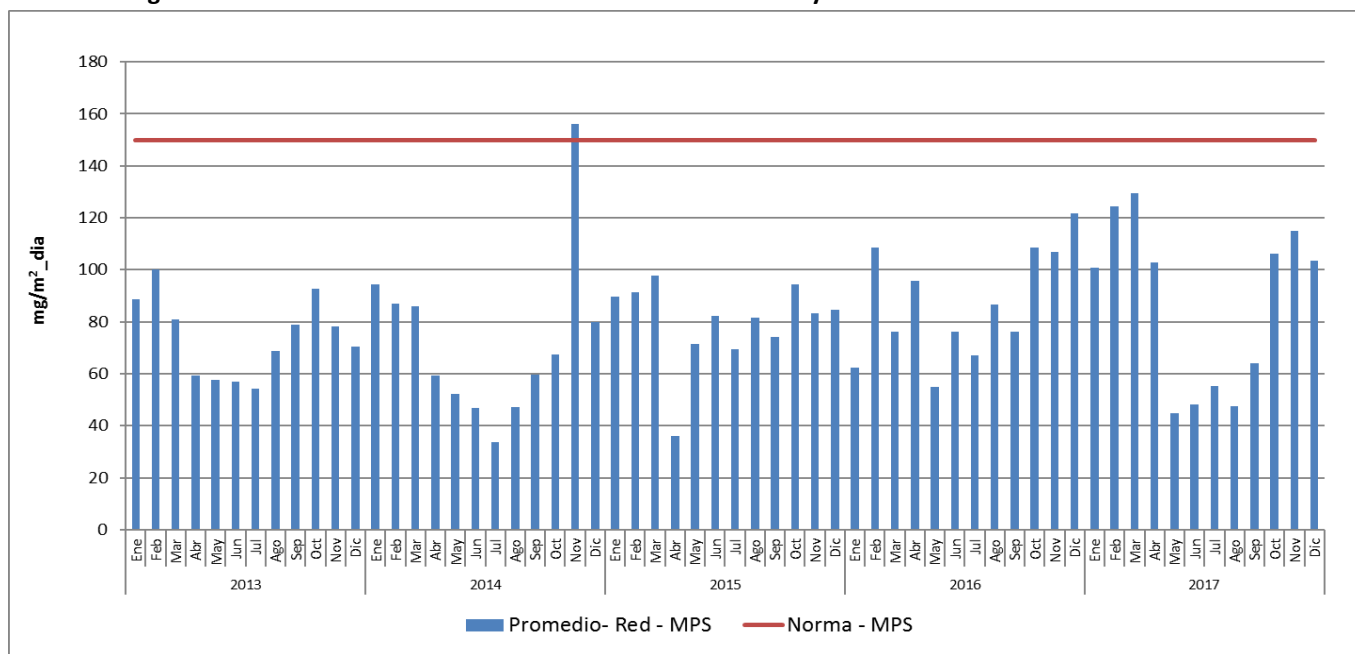
Figura 5-10. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Promedio todas las Estaciones



Fuente: Elaboración propia

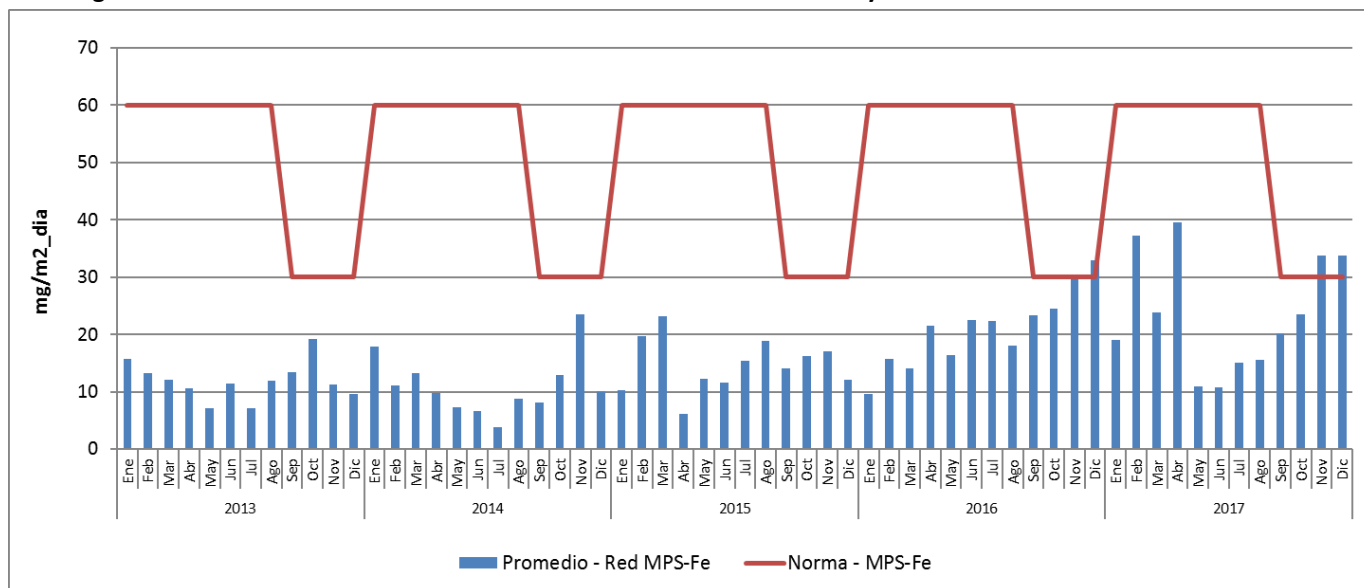
Respecto a todos los casos relacionados con la omisión de registros mensuales de MPS, en la Figura 5-11, se puede verificar que solo en noviembre 2014 se presentan una excedencia a la norma mensual de MPS, correspondiente al caso 6 de la Tabla 5-3 Respecto a la omisión de registros mensuales de hierro en el MPS en la Figura 5-12 se puede verificar que no se presentan excedencias a la norma mensual de hierro en MPS en las fechas con registros omitidos (casos 5 al 10 de la Tabla 5-3).

Figura 5-11. Sedimentación mensual de MPS entre años 2013 y 2017 – Promedio estaciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-12. Sedimentación mensual de Hierro en MPS entre años 2013 y 2017 – Promedio estaciones



Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar respecto al cumplimiento de normas, que en los periodos **NO** informados se registra una superación de la norma mensual de MPS en noviembre 2014 al considerar el promedio de la red monitorea de MPS, superación que debe estar asociada en parte importante a las emisiones del tren de transporte de concentrado. Esta superación en MPS ya está considerada en el Programa de Compensación de Emisiones (PCE), en los hechos asociados al tren de transporte de concentrado (hechos N°6, N°7, N°8 y N°20), toda vez que el hecho N°1 hace referencia a los receptores afectados en términos de niveles de depositación de MPS medidos, cuyos niveles medidos (efecto) tienen como causa las fuentes emisoras, que en este caso es principalmente el tren de transporte de concentrados. En otras palabras, al compensar la fuente emisora, que en este caso es el tren de transporte de concentrados, medidas que se mencionan en los hechos N°6, N°7, N°8 y N°20, se está compensando al mismo tiempo el receptor, el que, en este caso, corresponde a los puntos de la red monitorea de MPS del Valle del Huasco.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el punto 49.6 RES. EX. N°1/ROL 0-002-2018 que origina la formulación del cargo N° 1, genera un efecto administrativo derivado de la “falta de información oportuna a la Administración, y una superación marginal del parámetro MPS durante el mes de noviembre de 2014, la que, sin embargo, no es capaz de producir efectos adicionales en la cantidad y calidad de los recursos renovables ni en la salud de las personas al constatare que el parámetro fiscalizable (Fe en MPS) se mantiene dentro de los límites indicados en la respectiva norma”.

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias

registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: "Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias").

Al respecto, la forma en que se debe analizar la ocurrencia de efectos es identificando si como consecuencia de la infracción se produjo o no una superación del umbral de concentración de MP en receptores humanos, respecto del que quepa prever efectos adversos en la salud (v.gr. 3-5 µg/m³, para MP según "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre". Actualización mundial 2005).

Se aclara que La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300, modificada por la Ley N° 20.417/2010, ambas del Ministerio Secretaría Regional de la Presidencia), establece en su artículo 32, la existencia de dos tipos de normas de calidad ambiental: primarias y secundarias. Las normas de calidad primarias son aquellas normas de calidad ambiental que tienen como objetivo proteger la salud de la población humana dentro del territorio nacional. Una definición más precisa de norma primaria es la que se establece en artículo 2° de la Ley: **Norma Primaria de Calidad Ambiental:** aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población.

Adicionalmente, la Guía de Evaluación del Riesgo a la Salud en el marco del SEIA (SEA 2012) señala respecto de los "Criterios para Evaluar la Generación o Presencia del Efecto, Característica o Circunstancia de la Letra a) del Artículo 11 de la Ley N° 19.300", cuando los valores a los cuales se encuentra expuesta la población se encuentran "por debajo de los valores establecidos en las normas primarias se considera que la exposición no representa riesgo para la población, o bien, el riesgo está en un nivel aceptable para la sociedad en su conjunto".

Sin perjuicio de lo anterior, a continuación, se presenta el análisis realizado para estimar si como consecuencia de las infracciones que superan los límites de emisión permitidos, transformando todas las emisiones a material particulado MP se supera el umbral de concentración para receptores humanos que pueda prever efectos adversos a la salud.

En el Anexo 14 se adjunta el informe técnico con el detalle del análisis realizado para estimar los PMI (Puntos de Máximo Impacto) de las áreas que generaron aportes por sobre lo autorizado. El nuevo análisis se desarrolla sobre el aporte total generado por todos los hechos infraccionales 1,3,4,5,6,7,8, 9 y 10 de M2,5 al promedio anual de acuerdo con los lineamientos de la OMS según las Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre". Actualización mundial 2005.

Se modelaron las concentraciones de material particulado a la cual estarían expuestos los receptores sensibles más cercanos a las fuentes emisoras, considerando los promedios anuales de MP2,5. Para ello el MP2,5 estimado por el modelo incluye todo el material particulado secundario incorporando la formación de nitratos y sulfatos provenientes del NOx.

Para el análisis de los PMI se modelaron 4 unidades: Planta de Pellet, Tren (tramo Vallenar-Planta de Pellet y tramo Vallenar - Mina Los Colorados) y Mina Los Colorados, en donde se analizó los resultados de la dispersión de MP2,5 y se obtuvo el PMI considerando cada una de las fuentes presentes en cada una de las áreas. Este PMI se considera como el mayor aporte al MP2,5 promedio anual para cada unidad analizada, por lo que todos los receptores dentro del área de análisis no recibirán aportes por sobre este valor.

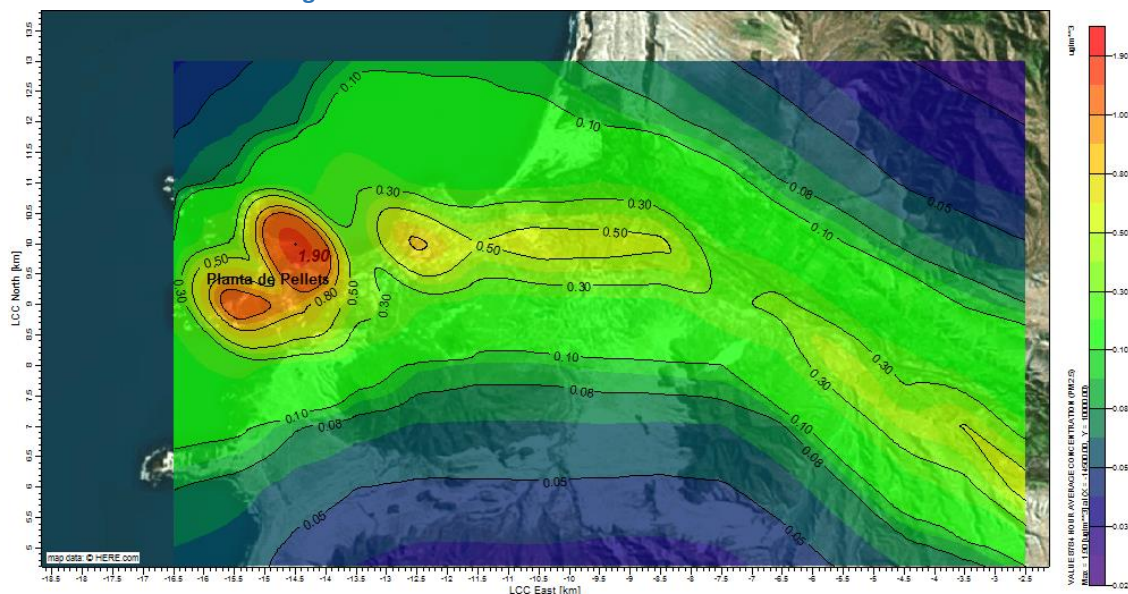
Figura 5-13. Unidades analizadas



Planta de Pellet

En esta área se modeló las fuentes existentes como la Planta de Pellet, el transporte de concentrado en Tren, y tránsito de camiones. En Figura 5-14 se presenta la dispersión de MP2,5 en su promedio anual de la unidad operativa analizada, donde se observa que el aporte en el punto de mayor impacto PMI, considerando todas las fuentes, es de $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual se encuentra ubicado en el área industrial cercano a el sector de Puerto Las Losas. De lo anterior se desprende que en el área analizada no existen receptores que estén expuestos a concentraciones mayores a $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

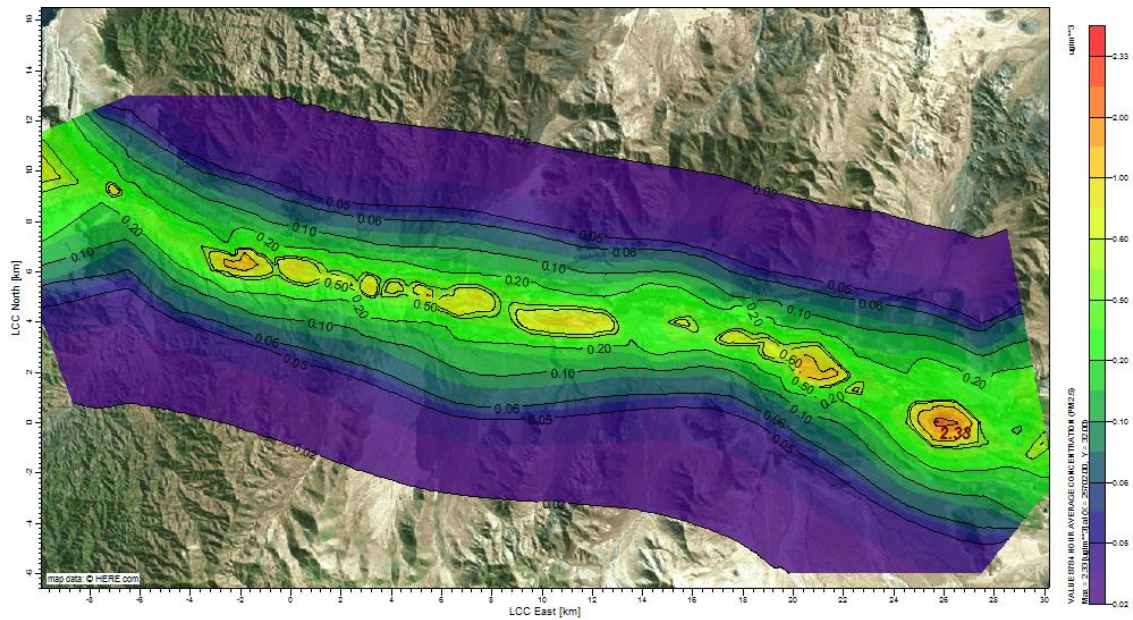
Figura 5-14. Isoconcentración Sector Planta de Pellet



Tren, Tramo P. Pellet Vallenar

En esta área, donde las fuentes principales son el transporte de concentrado en tren y camiones, se puede observar que el punto de máximo impacto se encuentra en sector de Buena Esperanza, donde para el MP2,5 promedio anual el modelo presenta un aporte máximo de $2,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

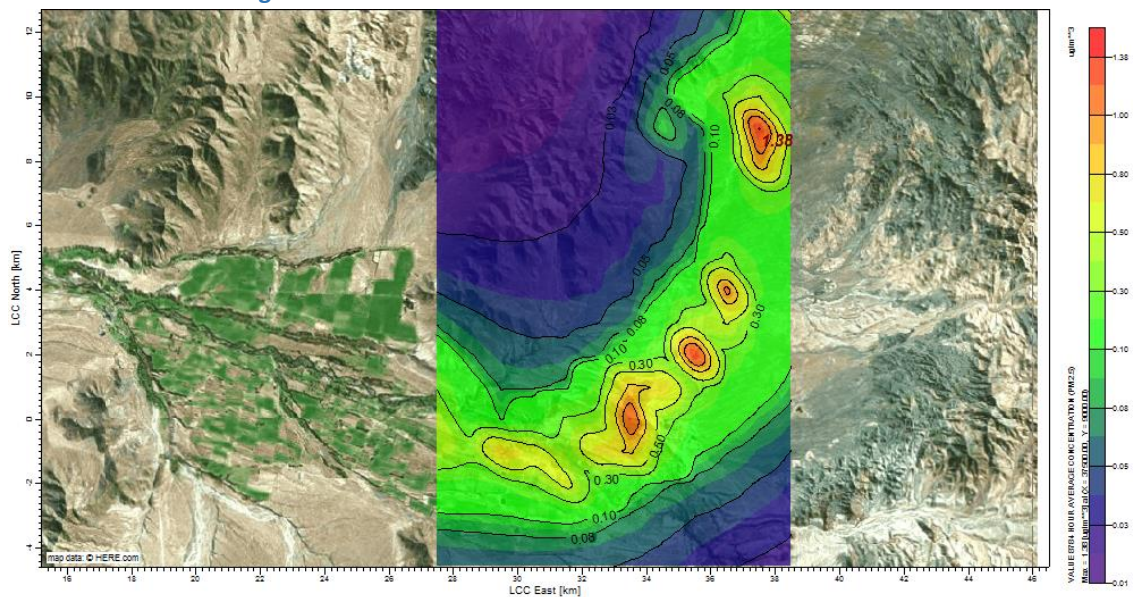
Figura 5-15. Isoconcentración Tren Tramo P. Pellet - Vallenar



Tren, Tramo Vallenar – Los Colorados

En este tramo del Tren entre la ciudad de Vallenar y mina Los Colorados, el punto de máximo impacto se encuentra a 11 kilómetros al norte de la ciudad de Vallenar, donde el modelo presenta un aporte máximo al MP2,5 promedio anual de 1,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 5-16. Isoconcentración Tren Tramo P. Pellet - Vallenar

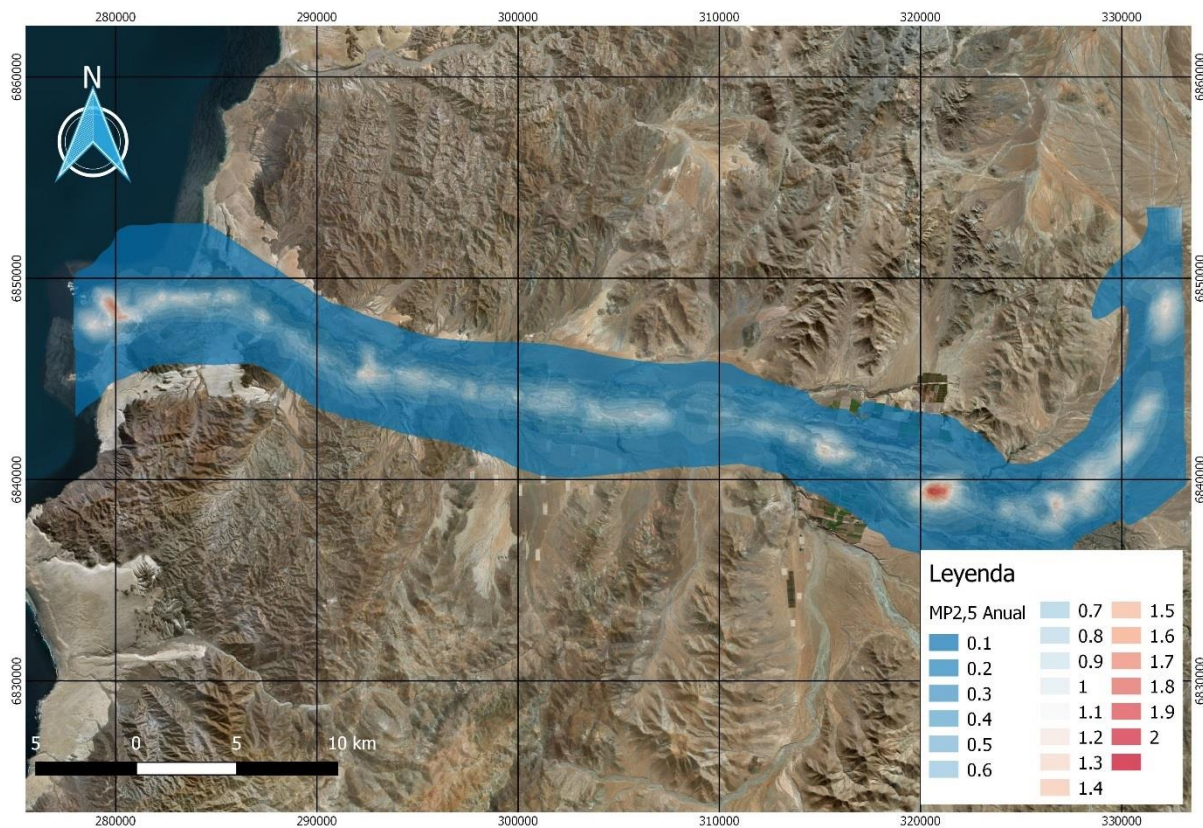


Mina Los Colorados

En esta área se utilizó un modelo SCREEN¹ donde se determinó el aporte máximo para el receptor humano más cercano, el cual se puede considerar como el máximo impacto en el área habitada, aporte máximo al MP2,5 promedio anual es de 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este punto de máximo impacto se encuentra ubicado a unos 6.200 metros desde la mina Los Colorados.

Finalmente analizando el área total, considerando el aporte sinérgico por cada hecho infraccional analizado (Hecho 3,5,6,7,8,10), se puede establecer, de acuerdo con los resultados del modelo, que el aporte al MP2,5 promedio anual es de 2,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y se ubica cercano a la localidad de Buena Esperanza, en la ruta C-46. Este hecho implica que el resto del área analizada no presentará aportes al MP2,5 promedio anual superiores a este valor.

Figura 5-17. Isoconcentración MP2,5 promedio anual



¹ Julio explicar porque para este análisis se utilizó SCREEN

La selección de receptores humanos que fueron evaluados en la estimación de MP2,5 para los hechos infraccionales 3, 5, 6, 7, 8 y 10, consideró para la modelación conjunta de Planta de Pellets, línea férrea y camiones, un buffer de 600 mts al límite de la planta y a cada lado de la línea férrea seleccionando una vivienda cada 500 mts en el trayecto lineal; lo cual fue considerado representativo de la exposición de estos receptores sensibles (296 receptores puntuales). Para la modelación de PM2,5 en la Mina Los Colorados se seleccionaron los poblados más cercanos como lo indica la Tabla 8 1. Receptores Puntuales Hecho N°9.

Al observar los aportes sobre los receptores evaluados, en Tabla 5-5 se presentan aquellos que superan el aporte de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al promedio anual de MP2,5 (considerando NO_3 y SO_4 como material particulado secundario), los mayores aportes se concentran en el área circundante a las fuentes modeladas, donde el mayor aporte al material particulado promedio anual de MP2,5 es de $2,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En Figura 5-18 se presenta el Histograma de frecuencia de los valores de MP2,5 promedio anual, donde se aprecia que el 95,2% de los receptores evaluados no supera valores de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las figuras (Figura 5-18 y Tabla 5-15) y la tabla (Tabla 5-6) muestran los resultados.

Figura 5-18. Histograma de Frecuencia

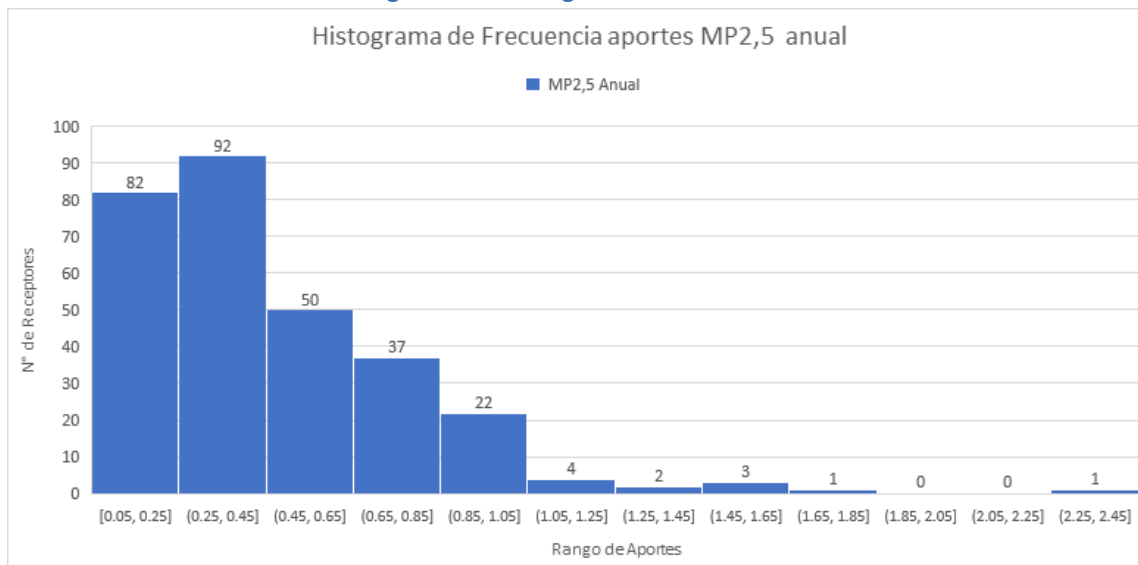


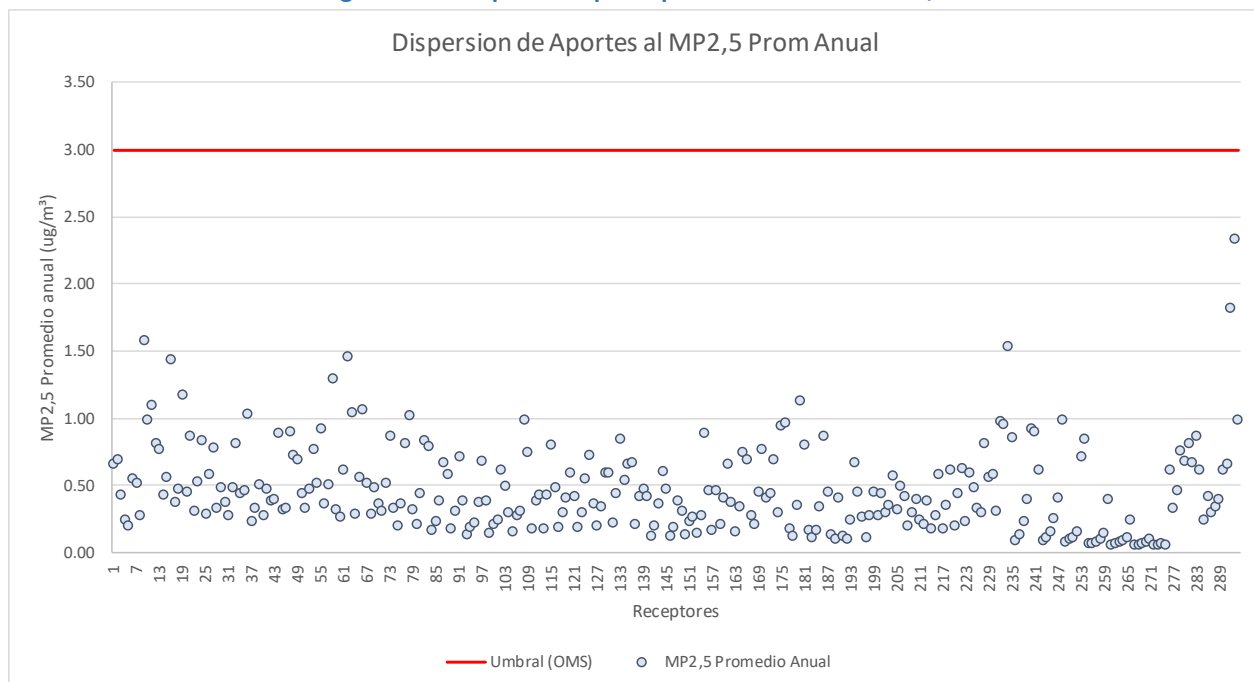
Tabla 5-5. Mayores aportes a promedio anual de MP2,5.

ID	Aportes promedio anual de MP2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Total MP2,5 Anual
	Hecho 3	Hecho 5	Hecho 6 y 7	Hecho 8	Hecho 10	
R_78	3,994E-02	1,232E-02	5,461E-01	4,044E-01	1,851E-02	1,02
R_36	8,825E-02	2,929E-02	4,309E-01	4,442E-01	4,177E-02	1,03
R_63	4,779E-02	1,439E-02	5,115E-01	4,522E-01	1,966E-02	1,05
R_66	4,646E-02	1,400E-02	5,393E-01	3,994E-01	6,330E-02	1,06

R_11	4,458E-01	1,577E-01	2,617E-01	1,964E-01	3,490E-02	1,10
R_180	1,293E-02	3,946E-03	5,432E-01	4,679E-01	9,533E-02	1,12
R_19	1,373E-01	4,608E-02	4,031E-01	4,348E-01	1,524E-01	1,17
R_58	4,999E-02	1,503E-02	6,193E-01	5,646E-01	3,875E-02	1,29
R_16	1,726E-01	5,546E-02	4,397E-01	5,963E-01	1,675E-01	1,43
R_62	4,853E-02	1,456E-02	7,306E-01	6,154E-01	5,082E-02	1,46
R_234	7,642E-03	2,328E-03	7,382E-01	7,765E-01	7,738E-03	1,53
R_9	5,981E-01	5,117E-01	2,459E-01	1,916E-01	3,078E-02	1,58
R_292	1,001E-02	3,052E-03	9,927E-01	7,764E-01	3,615E-02	1,82
R_293	1,042E-02	3,161E-03	1,219E+00	1,050E+00	5,366E-02	2,34

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-19. Dispersión aporte promedio anual de MP2,5



Determinado el aporte de material particulado fino, considerando el análisis de la línea de base respecto al MP2,5, y la cuantificación de los aportes en los receptores humanos sensibles, se puede concluir que si bien se ha producido un aumento de la concentración del material respirable MP2,5 por sobre lo evaluado ambientalmente en las RCA 215 y 246 este no supera el umbral de exposición respecto del cual se pueda prever efectos adversos a la salud, por lo cual no presenta un riesgo en la salud de la población.

En consideración de todo lo anterior, lo solicitado por la SMA orientado a incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, no corresponde realizarlo porque el aporte generado considerando los PMI y la exposición puntual en los receptores analizados para el conjunto de

estas infracciones se encuentra por debajo del umbral definido por la OMS para suponer algún riesgo a la salud por material particulado en el aire.

En relación con el **considerando 35 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “en relación con el Hecho Infraccional N°1, consistente específicamente en que "se omitió el monitoreo de SO₂, NO₂, O₃, MPS y Fe en MPS, en las estaciones y periodos indicados en la Tabla N° 3 del capítulo V, de la Formulación de Cargos", se corrigieron las observaciones levantadas en relación con las acciones 1.1. y 1.3 del PdC original. Respecto a los efectos, se descarta superación de la norma durante la mayoría de los períodos que no se reportó el respectivo monitoreo; sin embargo, considerando el promedio de la red monitorea de MPS, se observa que dentro de los períodos no reportados por CMP, se verificó una superación de la norma mensual para MPS en noviembre de 2014, respecto de la cual el PdC Refundido no se pronuncia, Resulta necesario que, en relación con dicha superación, se descarte un efecto en componentes medioambientales por parte de la actividad de CMP o, reconociéndose, se incorpore dicha excedencia en el Plan de Compensación de Emisiones propuesto”

Es importante hacer presente que de acuerdo con lo dispuesto en los considerandos del Decreto Supremo Exento N° 4/1992 MINAGRI, las altas concentraciones de óxidos de hierro en material particulado sedimentable hacen necesaria la generación de esta norma para medir la concentración de dicho material.

Posteriormente el artículo 4 del mismo cuerpo legal señala los valores máximos permisibles estableciendo en sus letras b y d la concentración media aritmética mensual y anual de hierro en material particulado sedimentable.

A continuación, el artículo 9 señala específicamente que respecto del control y fiscalización de Planta de Pellets (no de cualquier fuente emisora) serán consideradas solo las normas fijadas para el elemento hierro en las letras b y d del artículo 4 antes mencionado haciendo hincapié en que si la norma no se encuentra excedida no será aplicable la reducción de emisiones de material particulado a la fuente emisora.

De acuerdo a lo anterior, es importante destacar que nos encontramos frente a una norma de calidad secundaria, cuyo objetivo es establecer los valores de las concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente o la preservación de la naturaleza, a diferencia de las normas de emisión cuya finalidad es establecer la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora.

De lo expresado en los párrafos anteriores, debemos extraer el hecho de que la fiscalización se realiza por red monitorea y no por estación ya que estamos frente a una norma de calidad.

Finalmente, si bien el decreto tiene como objetivo la aplicación a cualquier fuente emisora que se encontrara en operación a la fecha de su dictación o que lo hiciera con posterioridad a esta en la cuenca del Río Huasco III Región, respecto a material particulado sedimentable, claramente tratándose del titular

en cuestión quiso que esta normativa solo fuera aplicable respecto al hierro en material particulado sedimentable preocupándose de establecerlo de manera expresa.

Considerando lo anterior, la calificación de cumplimiento de la norma debe evaluarse en consecuencia, es decir, referido a hierro en material particulado sedimentable y analizando el promedio de la red monitora.

Sin perjuicio de lo anterior, y atendido lo indicado en el cargo y en el respectivo informe de fiscalización, referente a la superación del umbral de 150 mg/m²_dia para el promedio de la red del Valle del Huasco de las mediciones de MPS mensual en noviembre del año 2014, superación que debe estar asociada en parte importante a las emisiones del tren de transporte de concentrado. Es importante considerar que la compensación a esta superación en MPS ya está incluida en el Programa de Compensación de Emisiones (PCE), en los hechos asociados al tren de transporte de concentrado (hechos N°6, N°7, N°8 y N°20), toda vez que el hecho N°1 hace referencia a los receptores afectados en términos de niveles de depositación de MPS medidos, cuyos niveles medidos (efecto) tienen como causa las fuentes emisoras, que en este caso es principalmente el tren de transporte de concentrados. En otras palabras, al compensar la fuente emisora, que en este caso es el tren de transporte de concentrados, medidas que se mencionan en los hechos N°6, N°7, N°8 y N°20, se está compensando al mismo tiempo el receptor, al que, en este caso, corresponde a los puntos de la red monitora de MPS del Valle del Huasco.

5.1.2 HECHO 16

El titular informó el cierre del proyecto “Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo” (RCA N° 212/2008) el 15 de abril de 2015, en circunstancias que la operación cesó desde mediados de 2012.

5.1.2.1 Descripción del Hecho

Se efectuó la comunicación del cierre del Proyecto “Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo – RCA 212/2008) fuera de los plazos establecidos en el Ordinario N° 574/2012, modificado por Resolución Exenta N° 1518, de 6 de enero de 2014, ambas del MMA/SMA, esto es, el día 15 de abril de 2015, en circunstancias que la operación habría finalizado a mediados del año 2012.

5.1.2.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°16, se estiman infringidos los siguientes artículos del Ordinario N° 574/2012, modificado por Resolución Exenta N° 1518, de 6 de enero de 2014, ambas del MMA/SMA, que requiere información que indica e instruye la forma y el modo de presentación de los antecedentes solicitados:

- **Artículo primero. Información requerida.** Los titulares de Resoluciones de Calificación Ambiental ("RCA") calificadas favorablemente por las autoridades administrativas competentes al tiempo de su dictación, deberán entregar, en los plazos, forma y modo señalados en los artículos segundo y cuarto del presente acto, la siguiente información: j) Toda respuesta a una solicitud de pertinencia

de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de un proyecto, o su modificación, indicando si están vinculadas a algunas de sus RCA, sea favorable o desfavorable, o que requiera o no requiera el ingreso del proyecto o actividad, o modificación, señalando: i) el número de resolución, carta, oficio u otro instrumento que la contiene; ii) su fecha de expedición; iii) la autoridad administrativa que la dictó. Deberán, además, cargar en formato PDF los documentos de respuesta a dichos requerimientos; k) Respecto del estado o fase de ejecución del proyecto que cuenta con RCA indicar si está: i) no iniciada la fase de construcción; ii) iniciada la fase de construcción; iii) en fase de operación; iv) iniciada la fase de cierre o abandono, o v) cerrada o abandonada, señalando el mes y año en que se inició la fase en que se encuentra;

- **Artículo segundo. Plazo de entrega de la información requerida.** La entrega de información deberá realizarse en los siguientes plazos: i) Los titulares de Resoluciones de Calificación Ambiental favorables otorgadas con anterioridad al 28 de febrero de 2014 deberán cargar en la plataforma web creada por esta Superintendencia la información requerida dentro del plazo de 15 días hábiles, contado a partir del 28 de febrero señalado; ii) Los titulares de Resoluciones de Calificación Ambiental favorables que se otorguen desde el 28 de febrero de 2014 en adelante, deberán cargar en la plataforma web creada por esta Superintendencia la información requerida dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la fecha de notificación de la respectiva Resolución de Calificación Ambiental.

5.1.2.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de la norma y condición infringida está relacionado directamente con la facultad de la SMA para ejecutar, organizar y coordinar la fiscalización y seguimiento de los instrumentos de gestión ambiental que establece la ley.

En este sentido la SMA está facultada para requerir, a los sujetos sometidos a su fiscalización, la información y datos que sean necesarios para el cumplimiento de sus funciones, concediendo a los requeridos un plazo razonable, considerando las circunstancias que rodean la producción de dicha información, el volumen de la información, la complejidad de su generación o producción, la ubicación geográfica del proyecto, entre otras consideraciones, que hagan que el plazo concedido sea proporcional al requerimiento de la Superintendencia.

5.1.2.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Tal como se indicó precedentemente, este análisis busca determinar los efectos que eventualmente pudiere presentar la entrega tardía de la información indicada en este cargo.

De acuerdo con lo señalado, personal de CMP informó a la SMA que el cese de la operación de la Estación de Transferencia de Maitencillo se produjo a mediados del 2012. Dicha inspección ambiental fue realizada con fecha 14 de abril de 2014, por funcionarios de la SMA, del SAG de Atacama y de la SEREMI de Salud de Atacama (Cons. 49.6 RES. EX. N°1/ROL D-002-2018 que formula cargos a CMP).

Con respecto a este punto, el titular con fecha 14 de octubre de 2014 informó, por medio de carta dirigida la Sra. María Isabel Reinoso, jefa Macrozona Norte de la SMA, que con esa misma fecha se daría inicio a la fase de cierre de la Estación Maitencillo (ver Comprobante de Cambios Realizados por el Titular a sus Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), realizado el 7 de octubre del 2014 en Anexo 13).

Complementariamente, el alcalde de la Comuna de Freirina, con fecha 27 de octubre, informa a la junta de vecinos de dicho cierre adjuntando la carta mencionada anteriormente (ver carta adjunta en Anexo 13). En este documento se comprometió el siguiente cronograma para el cierre:

Actividad	Comentarios
Dar aviso a la autoridad de la decisión de cierre definitivo	Por medio de la presente carta, que adjunta el plan de trabajo (Carta GG-CA-O-114-NAG)
Inicio de las actividades de cierre	15 de octubre del 2014
Término de las actividades de cierre	15 de marzo del 2015
Informe a las autoridades sobre el término de las actividades de cierre (Informe de Cierre)	19 de marzo del 2015

A continuación, se reproduce el Informe de Cierre que da cuenta de los compromisos establecidos en la RCA y la forma en la cual fueron ejecutados.

Compromiso 1

- ***Se avisará a todos los organismos competentes, del cierre de la faena, adjuntando, cuando corresponda el plan de trabajo respectivo.***

Ejecución: Se dio aviso a la SMA mediante carta GG-CA-O-114-NAG del 14 de octubre de 2014, subida al sitio web de la SMA con el Plan de Trabajo respectivo y enviada mediante correspondencia normal a los organismos competentes, incluyendo el Plan de Trabajo resumido. (ver Plan de Trabajo resumido en Anexo 13)

Compromiso 2

- ***Se desmontarán y retirarán todas las instalaciones (contenedores), los equipos y accesorios de la planta.***

Ejecución: Se realizó el desarme estructural. Los trabajos de mayor envergadura fueron el desarme de las Pantallas Eólicas, de la Pantalla Acústica y del equipo de carguío a ferrocarril. Posteriormente los residuos industriales sólidos fueron destinados a lugares de almacenamiento de materiales y equipos fuera de las instalaciones de la faena.

Situación previa al desmontaje:



Vista general pantallas eólicas.



Vista de correa transportadora de carguío de ferrocarril.



Vista en detalle de pantallas eólicas



Vista de contenedores.



Compromiso 3

- *Se desmontarán y retirarán las instalaciones eléctricas.*

Ejecución: Se realizó el desmontaje y retiro de las instalaciones eléctricas asociadas al proyecto, conservándose la postación de una línea eléctrica pública y algunas luminarias de interés del dueño del terreno.



Sistema eléctrico correa de carguío



Tablero de distribución de alumbrado.



Postes de alumbrado retirados



Desinstalación de Luminarias de área operativa.

Situación Final: Se desmontaron todas las instalaciones eléctricas, excepto postes de uso público y alumbrado del predio.



Compromiso 4

- *Se retirarán todos los residuos industriales excedentes, resultantes de la operación del Proyecto.*

Ejecución: Se realizó el retiro de todos residuos industriales excedentes de la operación del proyecto, los que fueron trasladados fuera del sitio para su segregación y disposición final según correspondía.



Residuos excedentes del cierre que fueron retirados.

Situación Final: Sin residuos en el predio.



Compromiso 5

- ***Se instalarán letreros y deslindes perimetrales en los sectores de riesgo, para la seguridad de las personas.***

Ejecución: Se fabricaron e instalaron en los sectores de riesgo, letreros de seguridad del diseño que se muestra.



Compromiso 6

- ***Se instalarán bermas de protección en los accesos a las áreas de trabajo.***

Ejecución: Se verificaron los requerimientos de bermas de protección de todo el sitio. Se deja habilitado acceso vehicular al sitio para su vigilancia y mantención.

Compromiso 7

- ***Se retirarán los acopios de minerales y se perfilará el terreno en aquellas zonas que puedan generar algún riesgo para la seguridad de las personas.***

Ejecución: Se retiraron todos los acopios de mineral y se perfiló el terreno.

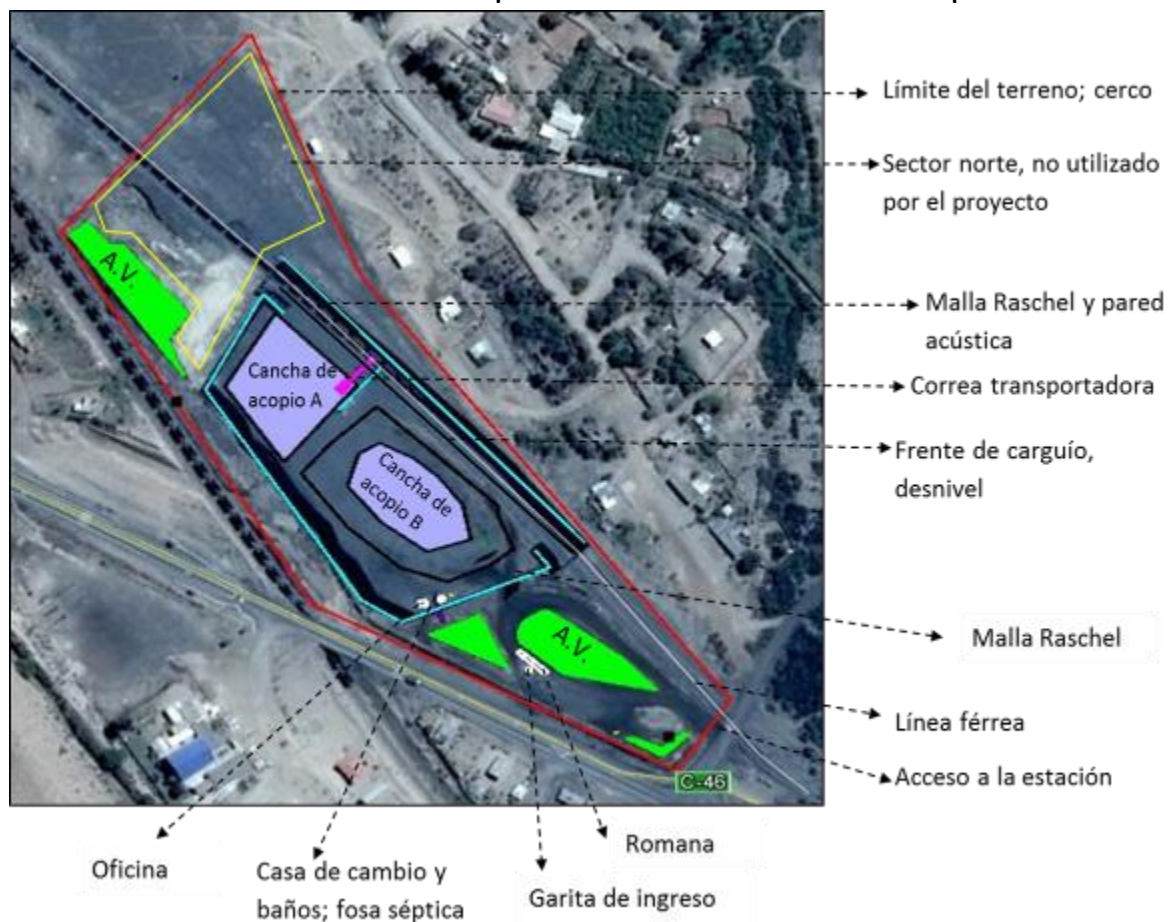
Situación previa al Cierre de la Faena:



Situación Final: Terreno perfilado.



Figura 5-20: Disposición general de las instalaciones en el sitio de la “Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo” previo al cierre y entrega a su propietario, lo que se realizó con fecha 12 de febrero 2015 mediante el “Finiquito del Contrato de Arrendamiento” respectivo



En este contexto, la SMA, como autoridad fiscalizadora y garante, verifica el constante cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental, para lo cual es fundamental recibir, en tiempo y forma, la correspondiente información que dé cuenta de la ejecución de las actividades establecidas en las correspondientes autorizaciones ambientales, ya que reviste especial importancia al momento de verificar el cumplimiento de los compromisos ambientales y de organizar y coordinar la fiscalización y seguimiento de los instrumentos de gestión ambiental que establece la ley.

Así, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, la entrega de información por parte de personal de CMP descrita en el punto 49.6 RES. EX. N°1/ROL D-002-2018 que origina la formulación del cargo N° 16, genera como efecto, “la falta de información para la Autoridad”- con el eventual detrimento en su capacidad de fiscalización, ya que se debió haber entregado la correspondiente comunicación del cierre del proyecto “estación de transferencia de minerales de hierro sector Maitencillo”, en el momento en que se practicó la fiscalización, para que la autoridad pudiera analizarla y verificar el cumplimiento de las eventuales medidas de cierre en caso que existieren.

Sin perjuicio de lo anterior, y considerando que lo reportado tuvo relación directa con la ejecución de la etapa de cierre, se ha concluido que dicha etapa se llevó a cabo conforme a lo establecido en el considerando 3.9 “Plan de cierre y Abandono” de la RCA 212/2008, por lo que no existirían efectos adicionales vinculados a dichas faenas.

5.1.3 HECHO 17:

El titular omite las siguientes obligaciones contenidas en el D.S. N° 46/2002:

- a) *La entrega dentro de plazo de los autocontroles para los períodos de febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015; para enero, febrero y marzo de 2016 y junio de 2013.*
- b) *Informe de remuestreos de los meses de abril, mayo y noviembre de 2012, y enero, febrero, abril, mayo y julio de 2015.*
- c) *Informe de autocontrol de todas las muestras indicadas en su programa de monitoreo, para los períodos de marzo y junio de 2013.*

5.1.3.1 Descripción del Hecho

Se omitió la entrega dentro de plazo de los autocontroles para los períodos de febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015; de enero, febrero y marzo de 2016; y junio de 2013. Asimismo, se omitieron los informes de remuestreo de los meses de abril, mayo y noviembre de 2013; enero, febrero, abril, mayo y julio de 2015. Finalmente se omitió el informe de autocontrol de todas las muestras indicadas en el programa de monitoreo para los períodos de marzo y junio de 2013.

5.1.3.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°17, se estiman infringidas algunas disposiciones contenidas en el D.S. 46/2002 que Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, lo indicado en la Resolución Exenta SMA N° 117, dictada por la SMA (06.02.2013), que dicta e instruye normas de carácter general sobre el procedimiento de caracterización, medición y control de residuos industriales líquidos, modificada por Resolución Exenta SMA N° 93 (14.02.2014), artículo cuarto y finalmente lo dispuesto en la resolución Exenta N° 1391, de 9 de abril de 2008, de la SISS, numeral 3.2.

5.1.3.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de la norma y condición infringida está relacionado directamente con el monitoreo y protección de la calidad de los recursos hídricos, a través del establecimiento de límites máximos de descarga de contaminantes que podrían afectarlo.

5.1.3.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

El presente análisis busca determinar los efectos que eventualmente pudiere presentar la entrega tardía de la información indicada en este cargo, o bien la omisión de los monitoreos comprometidos para la descarga de residuos industriales líquidos.

De los informes entregados en forma extemporánea a la SISS, se aprecia que un número elevado de mediciones presentan valores por sobre la norma DS 46/2002 para el parámetro Boro, como se presenta en la siguiente tabla (Tabla 5-6).

Tabla 5-6: Resultados de los muestreos informados fuera de plazo

Fecha	Boro	Cromo (VI)	Fluoruro	pH mínimo	pH máximo	Observaciones
	0,75 mg/L	0,05 mg/L	1,5 mg/L	6,0	8,5	Valor máximo Res 1391/2008
jun-13	0,649	<0,010	0,73	6,43	6,97	
feb-15	1,10	<0,010	<0,20	7,05	7,71	Sin remuestreo
may-15	0,821	<0,010	<0,20	3,86	6,43	Hay remuestreo
muestreo may-15	0,778	<0,010	<0,20	7,31	7,83	Sigue elevado el Boro.
jun-15	0,458	<0,010	<0,20	6,79	7,74	
jul-15	0,772	<0,010	<0,20	7,6	7,86	No se realiza remuestreo.
ago-15	0,59	<0,010	0,59	7,21	7,51	
sept-15	0,359	<0,010	<0,20	6,89	7,56	
nov-15	0,62	<0,010	<0,20	7,39	7,81	
dic-15	0,891	<0,010	<0,20	6,39	6,95	Se hace remuestreo
muestreo dic-15	0,751	-	-	-	-	Boro sigue alto en remuestreo
ene-16	0,732	<0,010	<0,20	6,46	7,66	
feb-16	0,72	<0,010	<0,20	6,28	6,78	
mar-16	0,782	<0,010	<0,20	6,69	7,98	Sin remuestreo

Fuente: elaboración propia

En relación con los informes de remuestreos indicados por la SMA, en los resultados de la tabla siguiente es posible apreciar que los meses de abril y mayo del 2012 el muestreo presenta valores por debajo de la norma DS 46/2002, por lo que no se requería el remuestreo. En enero y mayo del 2015 se realizan los remuestreos, pero se entregan en forma extemporánea a la SISS, y se confirma que no se realizó el remuestreo en los meses de noviembre 2012, febrero, abril y julio 2015 a pesar de que en los resultados expresados en la tabla siguiente (Tabla 5-7) se superan los valores máximos en Boro.

Tabla 5-7: Resultados de la no presentación de los remuestreos

Fecha	Boro	Cromo (VI)	Fluoruro	pH mínimo	pH máximo	Observaciones
	0,75 mg/L	0,05 mg/L	1,5 mg/L	6,0	8,5	Valor máximo Res 1391/2008
abr-12	<0,5	<0,05	<0,5	-	-	No corresponde remuestreo
may-12	<0,5	<0,05	<0,5	-	-	No corresponde remuestreo
nov-12	0,9	<0,05	0,2	-	-	Sin remuestreo
ene-15	0,832	<0,010	<0,20	6,77	7,1	Con remuestreo
ene-15	0,137	<0,010	<0,20	6,98	7,83	Remuestreo
feb-15	1,10	<0,010	<0,20	7,05	7,71	Sin remuestreo
abr-15	0,793	<0,010	<0,20	6,94	7,08	Sin remuestreo
may-15	0,821	<0,010	<0,20	3,86	6,43	Hay remuestreo
may-15	0,778	<0,010	<0,20	7,31	7,83	Remuestreo sigue elevado el Boro
jul-15	0,772	<0,010	<0,20	7,6	7,86	No se realiza remuestreo.

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en relación con el informe de autocontrol de las muestras indicadas en el programa de monitoreo es posible apreciar la entrega de dichas muestras y la no superación de los valores máximos establecidos. Ver siguiente tabla (Tabla 5-8).

Tabla 5-8: Resultados de no informar todas las muestras indicadas en los autocontroles

Fecha	Boro	Cromo (VI)	Fluoruro	Muestra puntuales	pH mínimo	pH máximo	Observaciones
	0,75 mg/L	0,05 mg/L	1,5 mg/L		6,0	8,5	Valor máximo Res 1391/2008
mar-13	0,571	<0,010	<0,20	12	6,85	8,31	Informe contiene 13 muestras puntuales, resolución indica solo 12. El informe 97402 en SISS, contiene 13 muestras puntuales, Inicio Muestreo 11-03-2013 a las 20:00 Hrs y Termino 12-03-2013 a las 08:00; hay tres muestras puntuales sin descarga.
jun-13	0,649	<0,010	0,73	25	6,43	6,97	El informe 101281 en plataforma del SISS no cuenta con todos los parametros; pero si el informe de Hidrolab y se informa fuera de plazo

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la SMA, como autoridad fiscalizadora, verifica el constante cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental, para lo cual es fundamental recibir, en tiempo y forma, la correspondiente información que dé cuenta de la ejecución de las actividades establecidas en las correspondientes autorizaciones ambientales, ya que reviste especial importancia al momento de verificar el cumplimiento de los compromisos ambientales y de organizar y coordinar la fiscalización y seguimiento de los instrumentos de gestión ambiental que establece la ley.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, la entrega tardía de la información junto a la omisión de los monitoreos descritos en el cargo N°17 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, generan como efecto, “la falta de información para la Autoridad”- con el

eventual detrimento en su capacidad de fiscalización, ya que se debió haber entregado en tiempo y forma, la correspondiente información de los monitoreos, autocontroles realizados y de informes de remuestreo y autocontrol en los períodos indicados, para que la autoridad pudiera analizarlos y verificar el NO cumplimiento de las normas y límites máximos de descarga para Boro en los residuos industriales líquidos. Sin perjuicio de la superación de los límites máximos no se consideran efectos debido a que el mar tiene una concentración de 4,5 mg/L².

5.1.4 HECHO 19:

Omisión de entrega de todos los antecedentes requeridos mediante Res. Ex. N° 29 de la SMA de 28 de agosto de 2017. Específicamente, no incluye:

- a) *Datos correspondientes al análisis semestral de los elementos disueltos en la columna de agua en puntos representativos de la ensenada Chapaco, para el año 2016.*
- b) *Registros de turbidez para el mes de marzo, en el Programa de Vigilancia Ambiental de 2016, tanto para el punto de Ensenada Chapaco como para el punto de medición externo, por lo que no es posible establecer el real estado de las aguas superficiales en el año 2016.*

5.1.4.1 Descripción del Hecho

Con fecha 11 de septiembre de 2015, mediante Ordinario ORA. N° 011, la Superintendencia encomendó a la Gobernación Marítima de Atacama, la revisión y examen de los Planes de Vigilancia Ambiental ("PVA") asociados al Depósito Submarino de Colas de Proceso de la Planta de Pellets, ingresados por el Titular a través del Sistema de Seguimiento Ambiental, para el periodo comprendido entre los años 2013 y 2014.

Que, en repuesta a dicho oficio, el 19 de noviembre de 2015, mediante Ordinario N° 12.600/130, la Gobernación Marítima de Caldera remitió a la Superintendencia el Informe denominado "Análisis Informe Anual correspondiente al Plan de Vigilancia Ambiental de los años 2013-2014 de la Empresa Compañía Minera del Pacífico S.A.", por el cual concluye, entre otros aspectos: (i) la ausencia de cierta información del PVA, como la medición de parámetros físico-químicos en la matriz de agua y en sedimento, así como (ii) el registro de turbidez para el mes de marzo 2016 en el Programa de Vigilancia Ambiental

5.1.4.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, Artículo 3° literal e):

"Requerir de los sujetos sometidos o su fiscalización y de los organismos sectoriales que cumplan labores de fiscalización ambiental, las informaciones y datos que sean necesarios para el debido cumplimiento de sus funciones, de conformidad a lo señalado en la presente ley".

² Un mayor análisis de los efectos de estas concentraciones de boro en el agua de mar se describe en el Hecho Infraccional N°18, capítulo 5.1.9.8. Análisis de los Potenciales Efectos Negativos.

5.1.4.3 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Tal como se indicó precedentemente, el presente análisis busca determinar los efectos que eventualmente pudiere presentar la entrega tardía de la información indicada en este cargo.

En relación con “los datos correspondientes al análisis semestral de los elementos disueltos en la columna de agua en puntos representativos de la ensenada Chapaco, para el año 2016”; se hace presente que el PVA vigente no obligó al titular a ejecutar la entrega de esta información por lo que no se cuenta con datos al respecto. La documentación que respalda lo indicado se adjunta en el Anexo 3 en que se entregan los términos de referencia del PVA vigente y las resoluciones que aprueban el PVA en estos términos.

En relación a la turbidez el Programa de Vigilancia Ambiental Ensenada Chapaco 2016/UCN –CAP Minería Informe mensual 01-04, realizado por la Universidad Católica del Norte, por el Grupo de Ecología y Manejo de Recursos en su informe mensual de Marzo 2016 señala en el resumen ejecutivo: “La condición ambiental muestra ausencia de turbidez”, lo cual también se reitera en la presentación de resultados donde se señala que durante ese mes “no se registraron días con presencia de turbidez”, confirmándose que “La ausencia de aguas turbias ha sido característica durante el período Noviembre-Marzo 2015-2016, situación que también fue observada en Marzo del año 2015 y durante todo el período Noviembre-Marzo 2014-2015 (Tabla 6, Anexo II)³”.

En este contexto, se debe considerar el rol de la SMA a quien le corresponde de forma exclusiva ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.

Para llevar a cabo dichas funciones, la Superintendencia podrá desarrollar esta labor mediante tres modalidades de fiscalización. En primer lugar, mediante una modalidad directa, a través de sus propios funcionarios; en segundo lugar, a través de los organismos sectoriales, pudiendo encomendarles determinadas labores de fiscalización sobre la base de los programas y subprogramas que se definirán en conjunto para tal efecto; y, finalmente, mediante terceros debidamente acreditados y autorizados por la Superintendencia.

Sin embargo, y debido a los antecedentes con los que cuenta el suscrito, se ha concluido que la información de turbidez fue entregada a la autoridad por lo que la imputación del cargo referido a ello no generaría efectos. Por su parte, la información sobre elementos disueltos en la columna de agua para el año 2016 no formaba parte de las exigencias establecidas en el PVA para el titular, por lo que la omisión de su entrega tampoco generaría efectos negativos respecto de las facultades fiscalizadoras de la Superintendencia.

³ Ver página 10 del Informe Mensual de Marzo del 2016 del Programa de Vigilancia Ambiental realizada por la Universidad Católica del Norte en Anexo 2

5.2 Hechos relacionados con la Planta de Pellets

5.2.1 HECHO 3:

Se verificó una superación de los valores diarios promedio de emisión en las Chimeneas 2A y 2B, tanto para Óxidos de Nitrógeno (NOx) como Óxido de Azufre (SO₂), para los períodos indicados en la Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.

5.2.1.1 Descripción del Hecho

A continuación, se presentan los Hechos constitutivos de infracción, en el marco del proceso sancionatorio Rol D-002-2018, para el cargo N°3.

Se verificó una superación de los valores diarios promedio de emisión en las Chimeneas 2A y 2B, tanto para Óxidos de Nitrógeno (NOx) como Óxido de Azufre (SO₂), para los períodos indicados en la Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos. En dicha tabla se indica cuáles son las mediciones que exceden el umbral. En la Tabla 5-9 y Tabla 5-10, se verifican los valores de estas excedencias.

Cabe mencionar que tal como se describe en el proyecto “Sistema de control de emisiones Planta de Pellets de Huasco” el cual fue ingresado a evaluación el 30 de mayo del presente año (2018)⁴, el funcionamiento e infraestructura de la Chimenea 2B será uniformada a la actual chimenea 2A, tal como se menciona en la sección 1.2.5 “Modificación de proyectos anteriores” en el considerando 4.2.2.3 donde se especifica que ambas chimeneas tendrán un diámetro de 3,6 metros y alturas de 60 metros respecto al suelo

A continuación, se analizan las mediciones isocinéticas reportadas a la autoridad, para identificar posibles efectos sobre elementos del medio ambiente. Los valores de las emisiones se comparan respecto al valor indicado en la RCA 215/2010. Para efectos de consistencia del análisis, en verde se indican las mediciones que son mayores a las de la mencionada RCA, en azul se indica un valor que si bien esta sobre el umbral de emisiones de la RCA no se indicó en la en la Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos y por último en amarillo se muestra el valor que efectivamente corresponde al SO₂ medido en el informe con fecha 07-03-2013 en vez del valor de 421,9 t/d, valor que corresponde a las emisiones medidas de CO₂.

Tabla 5-9. Emisiones medidas versus emisiones RCA - Fase II, chimenea 2A

Chimenea 2A	Fecha informe reportado	MP [t/d]	NOx [t/d]	SO ₂ [t/d]
2013-1	07-03-2013	0,084	0,063	0,169
2013-2	11-10-2013	0,132	0,133	0,337
2014-1	23-02-2014	0,135	2,563	0,311
2014-2	03-09-2014	0,132	1,502	0,146

⁴ Proyecto que considera la instalación de sistemas de abatimiento de emisiones en la chimenea 2B del horno de parrilla (precipitador electrostático y desulfurizador húmedo) y un sistema SNCR. (http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2139226312).

Chimenea 2A	Fecha informe reportado	MP [t/d]	NOx [t/d]	SO ₂ [t/d]
2015-1	10-06-2015	0,124	2,729	0,032
Campaña CEMS 2015	11-10-2015 09-11-2015	0,039	2,805	0,251
2015-2	17-11-2015	0,146	2,404	0,028
2016-1	03-08-2016	0,153	1,744	0,017
2016-2	30-01-2017	0,235	1,296	0,052
2017-1	04-09-2017	0,077	1,706	0,422
Promedio		0,126	1,695	0,176
Valor RCA - Fase II		0,760	1,188	1,100

Fuente: RCA 215/2010, informes mediciones isocinéticas y Capítulo V, de la Formulación de Cargos

Tabla 5-10. Emisiones medidas versus emisiones RCA – Fase II, chimenea 2B

Chimenea 2B	Fecha informe reportado	MP [t/d]	NOx [t/d]	SO ₂ [t/d]
2013-1	07-03-2013	1,393	0,058	2,259
2013-2	11-10-2013	1,442	0,111	1,900
2014-1	23-02-2014	1,178	2,050	2,097
2014-2	03-09-2014	0,912	1,810	1,127
2015-1	10-06-2015	0,804	2,042	0,886
Campaña CEMS 2015	11-10-2015 09-11-2015	0,556	0,657	0,748
2015-2	17-11-2015	0,608	1,739	0,754
2016-1	03-08-2016	0,807	1,138	0,237
2016-2	30-01-2017	1,155	1,175	0,989
2017-1	04-09-2017	0,717	1,518	2,387
Promedio		0,957	1,230	1,338
Valor RCA - Fase II		1,970	0,792	2,110

Fuente: RCA 215/2010, informes mediciones isocinéticas y Capítulo V, de la Formulación de Cargos

5.2.1.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°3, se estima infringido el siguiente considerando de la RCA 215/2010 que a continuación se transcribe en su parte pertinente:

- **Considerando 6.1 Calidad del Aire, letra b) Etapa de Operación:** “Actualmente existen dos chimeneas (2A y 2B) que evacuan los efluentes de los hornos de la línea de Peletización, según lo descrito en el punto 2.2.1.8. Tal como se indicó anteriormente, el proyecto considera incorporar en la Fase 1 un precipitador electrostático y un lavador de gases en la chimenea 2A del horno de parrilla, los cuales deberán estar en funcionamiento a más tardar en agosto del año 2012, lo cual permitirá abatir las emisiones actuales de material particulado y dióxido de azufre,

respectivamente. Luego que se implemente la segunda línea de Peletización durante la Fase 2, se incorporará una nueva chimenea común para procesos análogos a los existentes actualmente (UDD y DDD), en la cual se considera instalar un precipitador electrostático y un lavador de gases. El resumen de las emisiones y la forma en la cual se irán incorporando en el tiempo según cada etapa se detalla en la siguiente tabla. Emisiones por fuentes fijas en Planta de Pellets operando con Carbón”. (ver tabla RCA).

5.2.1.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones y normas infringidas se relaciona directamente con el cumplimiento de la variable ambiental calidad del aire y específicamente de las normas de calidad ambiental de SO₂ y NO₂.

Para estos efectos se regulan las emisiones, y en caso de ausencia de estas no se verá afectada la calidad del aire y viceversa.

En este sentido, esta variable tiene como objetivo evaluar la efectividad de las medidas de control de emisiones en cuestión y advertir sobre los potenciales riesgos que se pudieren presentar en caso de evolución de las normas relacionadas de manera distinta a lo previsto, a fin de detectar si las medidas de seguimiento que se implementan son adecuadas y efectivas, e identificar la necesidad de establecer otras medidas adicionales, de ser necesario.

5.2.1.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cuantificación de aportes (metodología)

Para la cuantificación de los aportes adicionales de emisión, se realiza una estimación de emisiones para un escenario base que considera las emisiones y características de las fuentes de la Fase II del proyecto descrito en la RCA 215/2010, un segundo escenario con el promedio de las mediciones reportadas en las Tabla 5-9 y Tabla 5-10 y un tercer escenario considerando las emisiones máximas al sumar las chimeneas 2A y 2B para cada fecha de medición entre esas mismas fechas de las mismas tablas mencionadas. Posteriormente los tres escenarios son modelados con el modelo Calpuff⁵ para determinar el aporte en concentración (calidad ambiental) en la estación Población Huasco II y en el punto de máximo impacto (PMI) para finalmente determinar un delta de concentraciones entre ambos escenarios y establecer cuál es el aporte en concentraciones ambientales debido al incumplimiento en las emisiones.

Para la compensación de emisiones se utilizan períodos anuales, por esta razón se considera el promedio de todas las mediciones disponibles en las chimeneas 2A y 2B. Para la evaluación de las normas promedio anual se contrastan los resultados del escenario de emisiones promedio respecto a RCA, mientras que para

⁵ Anexo 4 - Metodología Modelo de Dispersión y Meteorológico CMP-Huasco.

las normas diarias y horarias se contrastaron los resultados del escenario de emisiones máximas respecto a RCA⁶.

Estimación de emisiones

Como caso base se utilizan las emisiones de la Fase II del proyecto definidas en la RCA 215/2010. Para poder estimar el delta de emisiones, respecto al promedio de las mediciones isocinéticas reportadas para las chimeneas 2A y 2B (Tabla 5-9 y Tabla 5-10), se estimó el promedio de las emisiones en toneladas/día para el MP⁷, el SO₂ y NOx (reportado como NO₂), considerando que por un lado la compensación de emisiones se realiza para períodos de un año y por otro lado que las normas de calidad del aire corresponden en su mayoría a periodos trianuales o en su defecto anuales. Por lo anterior, se estima un escenario de emisiones promedio considerando todas las mediciones de emisiones disponibles para ambas chimeneas desde el 2013 al primer semestre del 2017.

En la Tabla 5-11 se muestran las emisiones de las chimeneas 2A y 2B según RCA 215/2010 para la Fase II del Proyecto, en adelante escenario RCA, el promedio de las emisiones medidas de MP, SO₂ y NOx y el delta de emisiones entre ambos escenarios. Es posible observar que para MP y SO₂ las emisiones medidas en promedio son un 58,6% y un 50,8% menores que las emisiones del escenario RCA, respectivamente. Para el caso del NOx resulta un incremento de 330,5 t/a.; emisiones que serán consideradas en un plan de compensación de emisiones.

Tabla 5-11. Emisiones totales RCA y promedio mediciones

Escenario	RCA 215/2010 Fase II			Medido			Delta		
	2A	2B	Total	2A	2B	Total	(t/d)	(t/a)	%
E (t/d)									
MP	0,760	1,970	2,730	0,126	0,957	1,083	-1,647	-576,5	-60,3%
SO ₂	1,100	2,110	3,210	0,176	1,338	1,515	-1,695	-593,3	-52,8%
NOx (como NO ₂)	1,188	0,792	1,980	1,695	1,230	2,924	0,944	330,5	47,7%

Fuente: Elaboración propia

No obstante lo anterior, teniendo en consideración las normas diarias de MP y SO₂ y la norma horaria (máximos diarios) de NO₂, a continuación se estiman las emisiones considerando un escenario con las máximas mediciones reportadas para cada contaminante, para posteriormente estimar el delta de concentraciones generado para las respectivas normas horarias y diarias, a través de una modelación de dispersión de contaminantes del escenario de emisiones más conservador de los 4 años y medio medidos. Las mediciones consideradas corresponden a 2013-2 para MP, 2017-1 para SO₂ y 2015-1 para NOx, estas corresponden a las máximas emisiones de la suma de las emisiones de las chimeneas 2A y 2B.

⁶ Respecto a considerando 43.1 de la resolución exenta N°8 Formula a observaciones a PdC. Considerar que escenario con mediciones máximas emisiones medidas es un escenario más conservador que cualquier otro escenario en que se considere cualquiera de las mediciones de emisiones restantes de la Tabla 5-9 y Tabla 5-10.

⁷ En este caso MP = MP10 = MP2.5 dado que la emisión producto de combustión y controlada por un lavador de gases y un precipitador electrostático son mayoritariamente material particulado fino.

Tabla 5-12. Emisiones totales considerando mediciones máximas

Escenario	Mediciones Max		
	2A	2B	Total
E (t/d)			
MP	0,132	1,442	1,574
SO ₂	0,422	2,387	2,808
NOx (como NO ₂)	2,729	2,042	4,771

Fuente: Elaboración propia

Modelación de dispersión de emisiones

Se realizó una modelación de dispersión de contaminantes siguiendo los lineamientos de la Guía para el uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. Para este efecto se utilizó el modelo Calpuff con meteorología del año 2016 la cual fue estimada con el modelo WRF-ARW en su versión 3.8.1. La configuración de WRF y el análisis de incertidumbre del modelo meteorológico se presentan en el Anexo 4 - Modelo Meteorológico y Análisis de incertidumbre CAP - Huasco.

El modelo CALPUFF se configuró con el mecanismo químico Rivad/Isorropia para estimar la formación secundaria de NO₃ proveniente de las emisiones de NOx y la formación secundaria de SO₄ a partir de las emisiones de SO₂. El mecanismo también estima el balance del NO y NO₂. Esto permite estimar no solamente el aporte de material particulado primario, sino que también el secundario proveniente de precursores gaseosos.

A continuación, en la Tabla 5-13 se muestran las tasas de emisión ingresadas para el modelo en escenario RCA 215/2010 Fase II, escenario medido y en la Tabla 5-14 las características de cada chimenea.

Tabla 5-13. Tasas de emisión Chimeneas 2A y 2B ingresadas al modelo

Escenario	RCA 215/2010 Fase II			Mediciones			Mediciones Max		
	2A	2B	Total	2A	2B	Total	2A	2B	Total
(g/s)									
MP	8,8	22,8	31,6	1,5	11,1	12,5	1,5	16,7	18,2
SO ₂	12,7	24,4	37,2	2,0	15,5	17,5	4,9	27,6	32,5
NOx (como NO ₂)	13,8	9,2	22,9	19,6	14,2	33,8	31,6	23,6	55,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-14. Características de las fuentes

Chimenea	2A		2B	
	RCA	Medido	RCA	Medido
Características Fuentes				
V. Salida gases (m/s)	7,78	16,4	22,6	20,14
Diámetro (m)	5	3,6	3	
Temperatura (K)	328,15	324,54	320,45	326,77
Altura chimenea (m)	60		30	

Chimenea	2A	2B
----------	----	----

Fuente: Elaboración propia

Comparación escenario RCA y escenario medido promedio

En las siguientes tablas, se puede ver, para el caso del MP, que la operación promedio de las chimeneas 2A y 2B resulta en una reducción en 60,3% de emisiones con respecto al escenario RCA lo que tiene como efecto uno de los aportes a los niveles de calidad del aire de MP en una proporción bastante similar a las emisiones, tanto en la estación Huasco II como en el punto de máximo impacto (PMI), con valores que van de 55,9% a un 59,8% de reducción, medidas como aporte de la 2A.

Tabla 5-15. Concentraciones de MP primario y MP total en Estación. Huasco II, escenarios RCA y medido

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
MP primario anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7,66	3,17	-4,49	-58,64%	-8,99%
MP primario diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21,02	8,44	-12,58	-59,84%	-8,38%
MP TOT anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7,81	3,37	-4,44	-56,87%	-8,89%
MP TOT diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22,04	9,81	-12,23	-55,49%	-8,15%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-16. Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenarios RCA y medido

	PMI				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
MP primario anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,59	3,53	-5,06	-58,90%	-10,12%
MP primario diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26,19	10,76	-15,43	-58,91%	-10,28%
MP TOT anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,73	3,71	-5,02	-57,48%	-10,03%
MP TOT diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26,40	11,65	-14,75	-55,87%	-9,83%

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas, para el caso del SO_2 , la reducción de emisiones es de 52,8% respecto al escenario estimado en la RCA y tiene como efecto una mejora en los niveles de calidad del aire por SO_2 de 49 - 50% para la norma anual y de 43% para la norma diaria.

Tabla 5-17. Concentraciones de SO_2 en Estación. Huasco II, escenarios RCA y medido

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
SO_2 anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,28	4,18	-4,10	-49,50%	-5,12%
SO_2 diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24,90	14,14	-10,76	-43,22%	-4,30%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-18. Concentraciones de SO₂ en PMI, escenarios RCA y medido

	PMI				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
SO ₂ anual (µg/m ³)	9,33	4,7	-4,63	-49,65%	-5,79%
SO ₂ diario (µg/m ³)	30,92	17,58	-13,34	-43,15%	-5,34%

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas, el modelo estima el aumento de las emisiones de NO_x en 47,7% respecto al escenario RCA, de NO₂ de 43,7% para la norma anual y de 37,9% para la norma horaria en la estación Huasco II y de 35,8% para la norma anual y 54,5% para la norma horaria en el PMI. Pero al analizar estos deltas respecto a las normas correspondientes, estos no superan el 2% de la norma anual y un 17% de la norma horaria.

Tabla 5-19. Concentraciones de NO₂ en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
NO ₂ anual (µg/m ³)	4,00	5,74	1,74	43,66%	1,74%
NO ₂ horario (µg/m ³)	68,25	94,14	25,89	37,93%	6,47%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-20. Concentraciones de NO₂ en PMI, escenarios RCA y medido

	PMI				
	RCA	Medido	Delta	%	% norma
NO ₂ anual (µg/m ³)	4,38	5,95	1,57	35,83%	1,57%
NO ₂ horario (µg/m ³)	118,68	183,4	64,72	54,53%	16,18%

Fuente: Elaboración propia

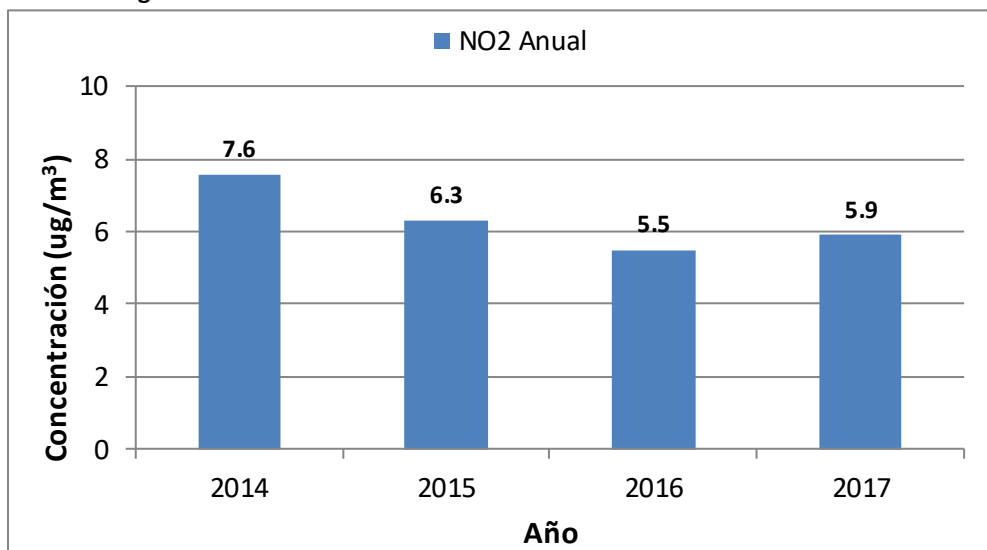
A continuación, se discute el caso del NO₂, ya que para el SO₂ y MP se generan reducciones en los niveles de calidad del aire al comparar la situación del escenario medido respecto al escenario RCA.

Como se mostró, el aumento en 330,5 t/a de emisiones de NO_x generaría un aumento de concentraciones de 1,7 µg/m³ en NO₂ promedio anual y de 25,9 µg/m³ en percentil 99 de los máximos valores diarios de NO₂, en el receptor de Estación Huasco II. Para el PMI los incrementos son de 1,57 µg/m³ (53,8%) y de 64,7 µg/m³ (54,5%).

Cabe considerar que los aportes adicionales definidos por modelación ya están incluidos en el valor medido de 5,5 µg/m³, ya que, el monitoreo de calidad del aire incluye los aportes de todas las fuentes de la zona, incluyendo la aquí modelada, valor que está por debajo en un amplio margen de la norma anual de NO₂ de 100 µg/m³. La norma trianual horaria (promedio aritmético sucesivo del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario) es de 400 µg/m³. Para

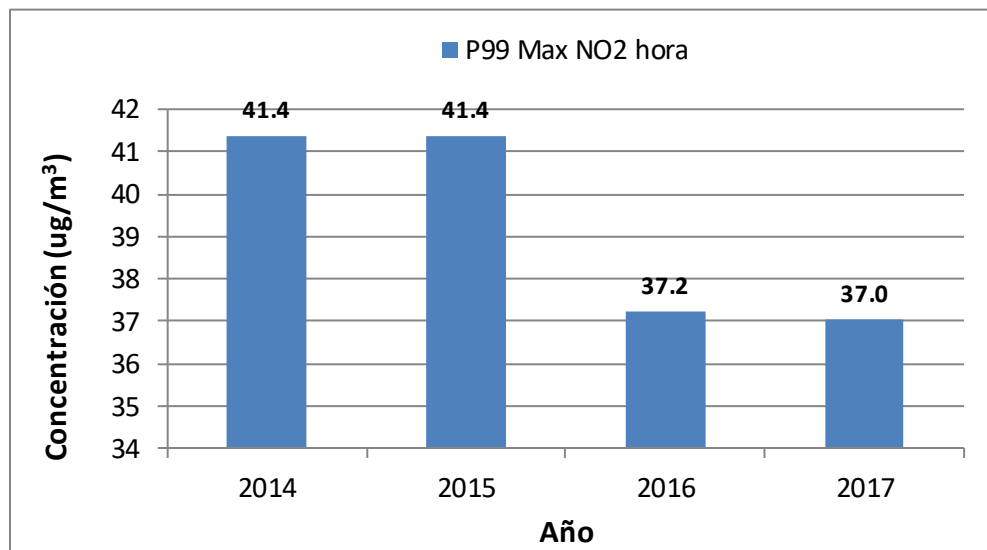
el caso de la norma horaria, se registra un valor trianual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual también se encuentra ampliamente bajo la norma horario. La Guía de Riesgo para la Salud de la Población en el SEIA, menciona que bajo los umbrales de las normas se considera que la exposición no representa riesgo.

Figura 5-21. Promedios anuales medidos de NO_2 en Estación Huasco II



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-22. Percentil 99 de los máximos diarios de valores horarios de NO_2 medidos en Estación Huasco II



Fuente: Elaboración propia

Comparación escenario RCA y escenario medido máximo

Como se mencionó anteriormente, para las normas diarias de MP y SO₂ y la norma horaria (máximos diarios) de NO₂, se estimaron las emisiones considerando un escenario con las máximas mediciones reportadas para cada contaminante (Tabla 5-9 y Tabla 5-10), para posteriormente estimar el delta de concentraciones generado para las respectivas normas horarias y diarias, a través de una modelación de dispersión de contaminantes del escenario de emisiones más conservador de los 4 años y medio medidos. Las mediciones consideradas son 2013-2 para MP, 2017-1 para SO₂ y 2015-1 para NO_x, y corresponden a las máximas emisiones de la suma de las emisiones de las chimeneas 2A y 2B.

En las siguientes tablas, se puede ver, para el caso del MP, que la operación con la medición máxima de las chimeneas 2A y 2B aún resulta en reducciones a los niveles de calidad del aire que hubiese generado la planta a la tasa máxima medida respecto a las tasas de emisión presentadas en la RCA 215/2010.

Tabla 5-21. Concentraciones de MP primario y MP total en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
MP primario anual (µg/m ³)	7,66	4,67	-3,00	-39,09%	-5,99%
MP primario diario (µg/m ³)	21,02	12,44	-8,58	-40,82%	-5,72%
MP TOT anual (µg/m ³)	7,81	5,02	-2,80	-35,79%	-5,59%
MP TOT diario (µg/m ³)	22,04	14,69	-7,34	-33,32%	-4,90%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-22. Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenarios RCA y medido máximo

	PMI				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
MP primario anual (µg/m ³)	8,59	5,22	-3,37	-39,26%	-6,74%
MP primario diario (µg/m ³)	26,19	15,85	-10,34	-39,47%	-6,89%
MP TOT anual (µg/m ³)	8,73	5,53	-3,19	-36,58%	-6,38%
MP TOT diario (µg/m ³)	26,40	17,62	-8,79	-33,27%	-5,86%

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas, para el caso del SO₂, al considerar las máximas tasas de emisión medidas, aun se presenta una mejora en los niveles de calidad del aire de SO₂ de 7 - 8% para la norma anual pero un aumento en las concentraciones de SO₂ de 2-3% para la norma diaria, para Estación Huasco II y en el PMI, respectivamente.

Tabla 5-23. Concentraciones de SO₂ en Estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
SO ₂ anual (µg/m ³)	8,28	7,65	-0,63	-7,57%	-0,78%
SO ₂ diario (µg/m ³)	24,90	25,56	0,65	2,63%	0,26%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-24. Concentraciones de SO₂ en PMI, escenarios RCA y medido máximo

	PMI				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
SO ₂ anual (µg/m ³)	9,33	8,59	-0,74	-7,97%	-0,93%
SO ₂ diario (µg/m ³)	30,92	31,72	0,80	2,58%	0,32%

Fuente: Elaboración propia

Cabe considerar, solo a modo de referencia (ya que el modelo meteorológico es 2016) que los promedios diarios medidos de SO₂ en la estación Huasco II entre las fechas de las máximas tasas de SO₂ (Figura 5-23), las cuales fueron medidas entre el 17 y 19 de julio del 2017, no superan los 3 µg/m³, siendo ampliamente menores que los 25,6 µg/m³ estimados por el modelo. Además, al verificar la norma diaria de SO₂ para los distintos años en estación Huasco II (Figura 5-24), se observa que el valor estimado por el modelo también es ampliamente mayor a los 8,7 µg/m³ medidos para el año 2017 (Figura 5-24), en contraste con los 25,6 µg/m³ estimados por el modelo, lo que indica que el valor diario estimado por el modelo estaría sobreestimado. Considerando que el error del modelo es el mismo para ambos escenarios, se realiza una corrección al delta estimado de 0,65 µg/m³ en la proporción de 8,7 µg/m³ que corresponden al percentil 99 del SO₂ medido en la estación Huasco II el año 2017 dividido por 25,6 µg/m³. De esta manera se obtiene un delta corregido, considerando lo medido el año 2017, de SO₂ promedio diario de 0,22 µg/m³. En la Tabla 5-25 se muestran los valores del delta de SO₂ diario según los resultados del modelo de dispersión y el delta corregido según la ecuación 5-1.

$$\Delta C_{corr} = \Delta C_{mod_esc} \times \frac{C_{med_año}}{C_{mod_esc}} \quad \text{Ec. 5-1}$$

Con:

 ΔC_{corr} delta de concentración corregido del contaminante,

 ΔC_{mod_esc} delta de concentración modelado para el contaminante entre escenario respectivo y escenario RCA

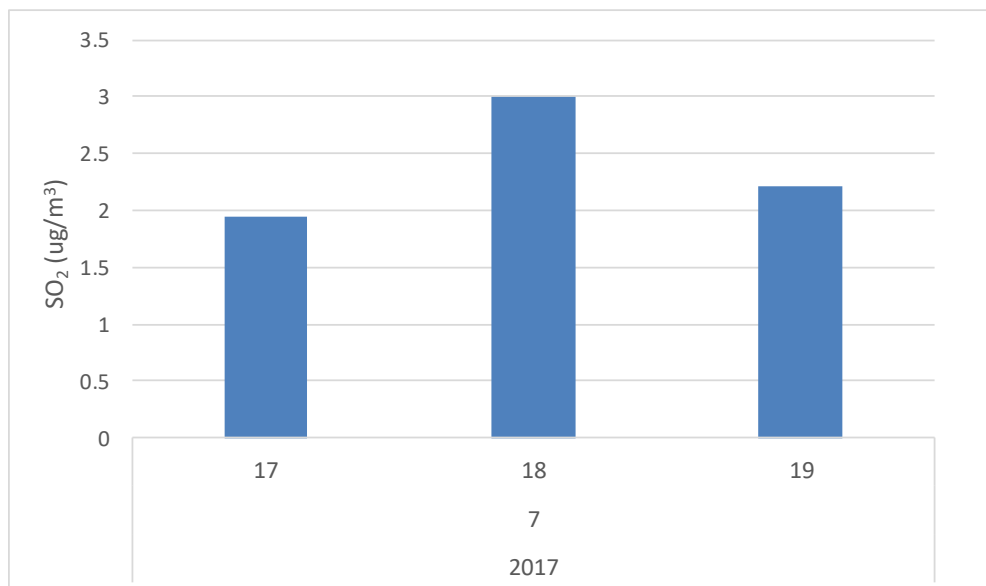
 $C_{med_año}$ concentración medida contaminante en año de medición máxima

 C_{mod_esc} concentración modelada contaminante para escenario respectivo.

Tabla 5-25 Estimación delta corregido SO₂ diario.

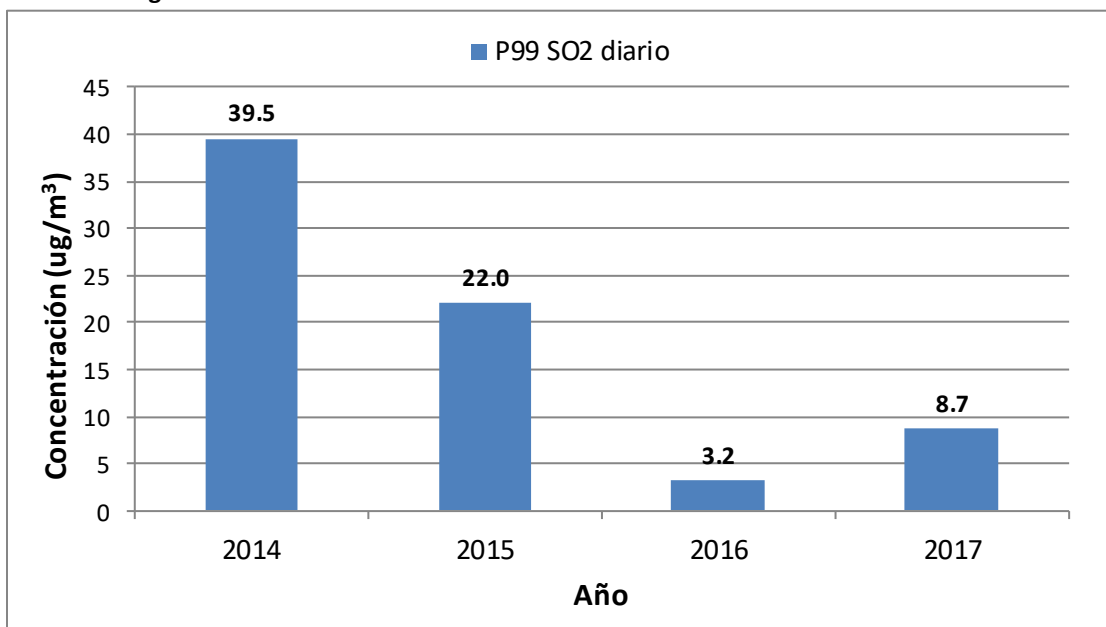
	Estación Huasco II						
	RCA	Medido Max	Delta	% delta	% norma	Medido año 2017	Delta corregido
SO ₂ diario (µg/m ³)	24,90	25,56	0,65	2,63%	0,26%	8,70	0,22

Figura 5-23. Concentraciones diarias SO₂ Estación Huasco II fechas de máxima excedencia en emisiones de SO₂



Elaboración propia

Figura 5-24. Percentil 99 de las concentraciones diarias SO₂ Estación Huasco II.



Al contrastar las concentraciones estimadas por el modelo de dispersión en Población Huasco II y el escenario de emisiones máximas se obtiene un muy leve aumento del percentil 99 de las concentraciones diarias de SO₂ en 0,22 µg/m³, que corresponde a menos del 0,1% de la norma respectiva. Debido a que este aumento es muy leve y que no existe aumento en las emisiones de SO₂ respecto al escenario RCA, incluso al considerar el escenario de emisiones máximas, a continuación, se procede a estimar el efecto en salud asociado a este delta, utilizando la metodología de la “Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del

aire⁸ y el documento “WHO Europe 2013, Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project, Technical Report⁹”, en específico los datos de la tabla 11 de ese documento y la ecuación 11-2 de la primera guía metodológica mencionada.

El incremento en los egresos por enfermedades respiratorias potencialmente causado por 0,22 ug/m³, correspondería a un aumento de 0,000049 de egresos en exceso, por el día específico del incumplimiento en las emisiones, al considerar un promedio diario el 2017 de hospitalizaciones respiratorias en Huasco de 0,15¹⁰, lo que se traduce en un aumento en 0,033% del potencial aumento en hospitalizaciones por enfermedades respiratorias durante el día de incumplimiento.

El incremento en las consultas de niños por cuadros obstructivos potencialmente causado por 0,22 ug/m³, correspondería a un aumento de 0,000055 de egresos en exceso, por el día específico del incumplimiento en las emisiones, al considerar un promedio diario el 2017 de consultas de niños por cuadros obstructivos en Huasco de 0,093¹¹, lo que se traduce en un aumento en 0,059% del potencial aumento en este tipo de consultas durante el día de incumplimiento

En las siguientes tablas, el modelo estima que las tasas máximas de emisiones de NO_x respecto al escenario RCA, tendrían como efecto un deterioro en los niveles de calidad del aire de NO₂ de 132,3% para la norma anual y de 111,5% para la norma horaria en la estación Huasco II y de 35,8% para la norma anual y 54,5% para la norma horaria en el PMI. Pero al analizar estos deltas respecto a las normas correspondientes, estos no superan el 6% de la norma anual y un 20% de la norma horaria en estación Huasco II.

Cabe mencionar que el delta estimado respecto a las emisiones promedio es más representativo para normas anuales, por otro lado, el delta aquí presentado es más representativo para la norma horaria, pero como se puede verificar en la Figura 5-25, donde el monitoreo de calidad del aire de NO₂, para las fechas en que se midieron las máximas tasas de NO_x, muestra que no se superan los 20 µg/m³ de NO₂, lo que indica que el modelo Calpuff sobreestima el aporte horario de manera considerable al estimar una concentración de 76,4 µg/m³, por el contrario para las concentraciones anuales se puede ver que tanto en el escenario de mediciones promedio como en el escenario de mediciones máximas el modelo CALPUFF están dentro de los órdenes de magnitud de las concentraciones medidas en estación Huasco II, como se puede verificar en la Figura 5-21.

Tabla 5-26. Concentraciones de NO₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo

	Estación Huasco II				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
NO ₂ anual (µg/m ³)	4,00	9,28	5,29	132,31%	5,29%
NO ₂ horario (µg/m ³)	68,25	144,38	76,13	111,54%	19,03%

⁸ http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2014/proyectos/Guia_metodologica.pdf

⁹ http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

¹⁰ 55 hospitalizaciones en Huasco el año 2017 por enfermedades respiratorias según DEIS.

¹¹ 34 consultas de niños menores de 15 años por cuadros obstructivos en Huasco el año 2017 por enfermedades respiratorias según DEIS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-27. Concentraciones de NO₂ en PMI, escenarios RCA y medido

	PMI				
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma
NO ₂ anual (µg/m ³)	4,38	9,21	4,83	110,29%	4,83%
NO ₂ horario (µg/m ³)	118,68	270,45	151,77	127,88%	37,94%

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el error del modelo es el mismo para ambos escenarios, se realiza una corrección al delta estimado de 76,13 µg/m³ en la proporción de 41,4 µg/m³ que corresponden al percentil 99 de los máximos diarios medidos de NO₂ medido en la estación Huasco II el año 2015 (Figura 5-24), año de la medición máxima de emisiones de NO_x, dividido por 25,6 µg/m³. De esta manera se obtiene un delta corregido, considerando lo medido el año 2015, de 21,83 µg/m³. En la Tabla 5-28 se muestran los valores del delta de NO₂ horario según los resultados del modelo de dispersión y el delta corregido según la misma ecuación 5-1 utilizada anteriormente para la corrección del SO₂ diario.

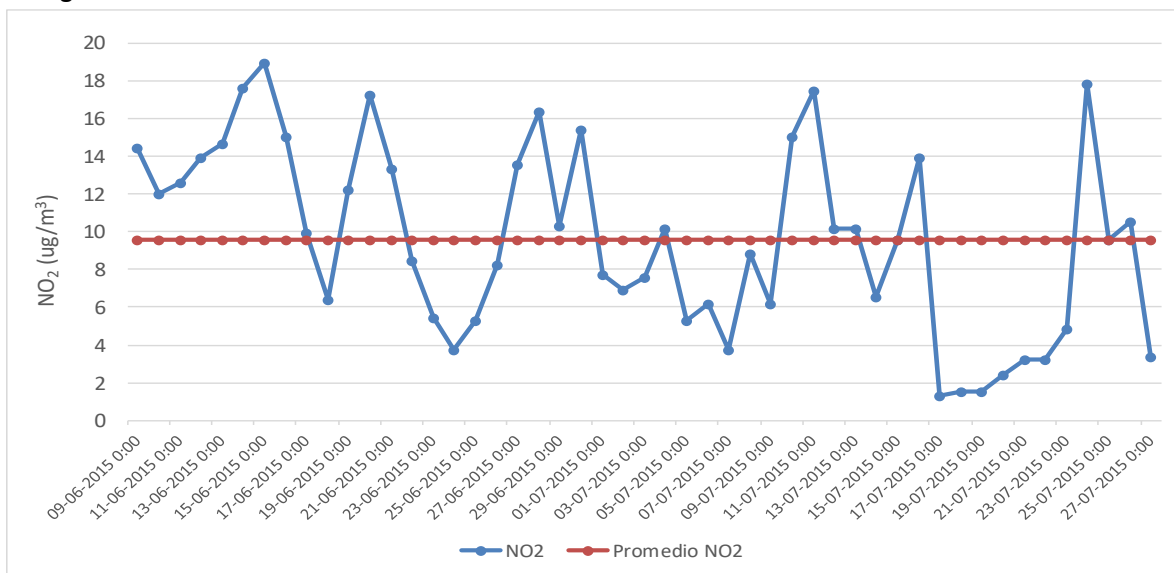
Tabla 5-28. Estimación delta corregido NO₂ horario.

	Estación Huasco II						Delta corregido
	RCA	Medido Max	Delta	%	% norma	Medido año 2015	
NO ₂ horario (µg/m ³)	68,25	144,38	76,13	111,54%	19,03%	41,40	21,83

Fuente: Elaboración propia

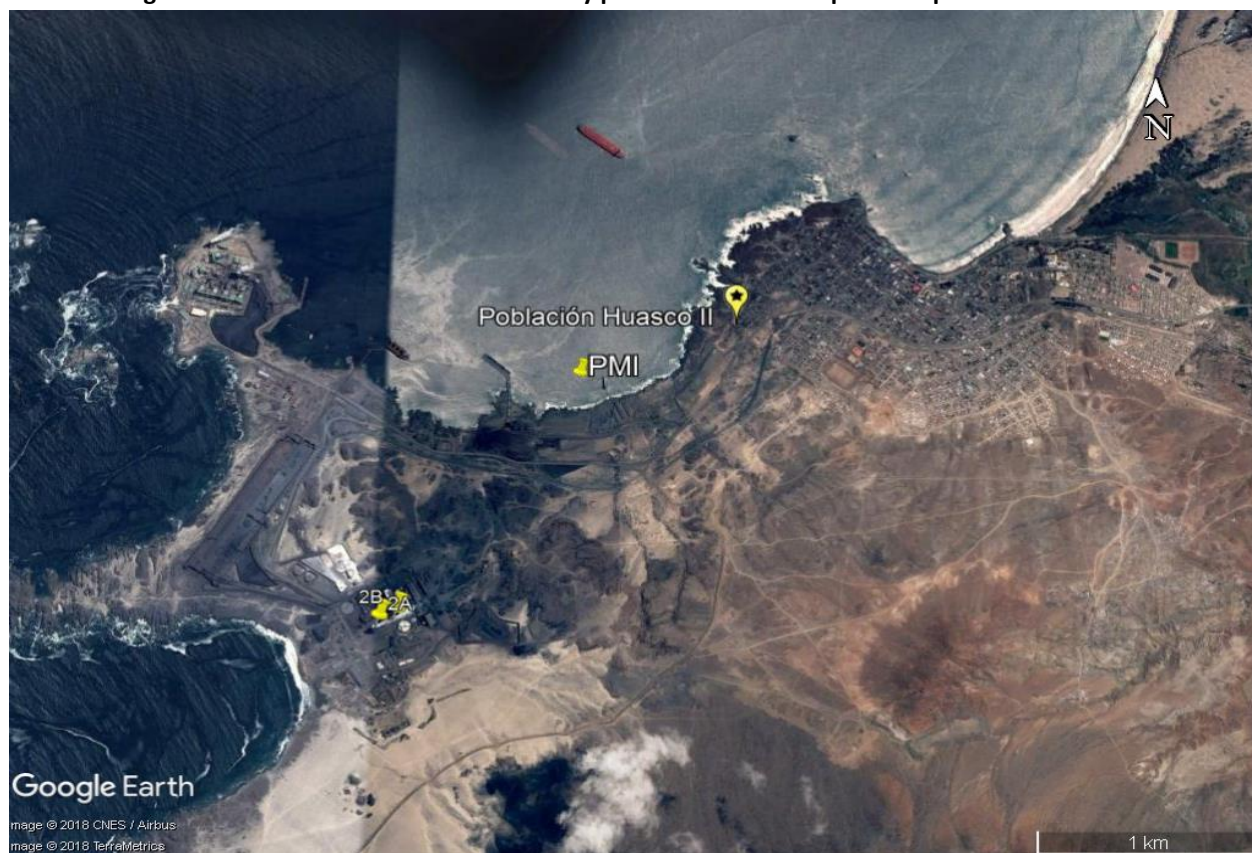
La Figura 5-25 muestra los promedios horarios de NO₂ medidos en estación Huasco II y el promedio para los 3 días de excedencia de emisiones.

Figura 5-25. Serie horaria NO2 Estación Huasco II fechas de máxima excedencia en emisiones de NOx



Respecto a la ubicación del punto de máximo impacto, en todos los casos cuando no coincide con estación Huasco II, este está ubicado a 800 metros al oeste-suroeste, estas ubicaciones se indican en la Figura 5-26.

Figura 5-26. Ubicación estación Huasco II y punto de máximo impacto respecto a chimeneas.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

A través de la estimación de emisiones de los escenarios RCA y “promedio de mediciones” y la modelación de dispersión de contaminantes de dichos escenarios, se verifica que para el material particulado y el SO₂ existe una disminución de emisiones respecto al valor de diseño que se indica en la RCA 215/2010, y por ende una mejora en los niveles de calidad del aire, estimados en el EIA, de entre un 40% y 60% dependiendo del contaminante y la norma. Para el caso del NO_x, las emisiones son un 47,7% más altas que las emisiones presentadas en el Proyecto original lo que implica, según la modelación presentada, un aumento de 4,00 µg/m³ a 5,74 µg/m³ en concentración en estación Huasco II para el promedio anual y de 68,25 µg/m³ a 94,14 µg/m³ en concentración horaria. La diferencia con lo realmente medido en los monitores de Estación Huasco II podría explicarse por una sobreestimación del modelo CALPUFF para los valores horarios.

También se modeló el delta en concentraciones entre los escenarios RCA y “máximo de mediciones”, donde se verifica que incluso en este conservador escenario el material particulado para las normas anual y diaria y el SO₂ para la norma diaria presentan reducción en las concentraciones. Para el caso del SO₂ diario el modelo estima un aumento de concentraciones leve en estación Huasco II y en el PMI no superando un 0,3% relativo a la norma diaria de SO₂.

En resumen, para estimar los deltas asociados a normas anuales corresponde utilizar los promedios de todas las mediciones de emisiones, mientras que para las normas diarias y horarias tiene más sentido evaluar la medición máxima como caso más conservador. De esta manera se obtuvieron reducciones en las concentraciones de material particulado para ambas normas y para la norma anual de SO₂. Para el caso de la norma diaria de SO₂ se estimó un aumento en concentraciones de 0,22 µg/m³ en la estación Huasco II. Por último, para el NO₂ anual y diario se estimaron aumentos de concentraciones de 1,74 µg/m³ y 21,83 µg/m³, respectivamente, en estación Huasco II.

A continuación, en la Tabla 5-29 se resume el aumento en emisiones y en la Tabla 5-30 se resume los aumentos en concentraciones asociados a este hecho.

Tabla 5-29. Concentraciones de NO₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo

Escenario	RCA 215/2010 Fase II			Mediciones			Delta			A compensar
	2A	2B	Total	2A	2B	Total	(t/d)	(t/a)	%	
NO _x (como NO ₂)	1,188	0,792	1,980	1,695	1,230	2,924	0,944	330,5	47,69%	396,6

Elaboración propia

Tabla 5-30. Concentraciones de NO₂ en estación Huasco II, escenarios RCA y medido máximo

	Estación Huasco II		
	Aporte	% Aporte	% norma
SO ₂ diario (µg/m ³)	0,22	0,89%	0,26%

	Estación Huasco II		
	Aporte	% Aporte	% norma
NO ₂ anual (µg/m ³)	1,74	43,66%	1,74%
NO ₂ horario (µg/m ³)	21,83	31,98%	19,03%

Elaboración propia

Al comparar las concentraciones generadas por el escenario de máximas emisiones y el escenario RCA, se estima un aumento en concentraciones diarias, de 0,22 µg/m³ de SO₂ en la estación Huasco II.

Por esta razón se estimó un aumento en $3,2 \times 10^{-5}$ en la tasa de egresos por enfermedades respiratorias y un aumento en 0,059% en las consultas por cuadros de asma de niños menores de 15 años, asociados solo al día con excedencia en las emisiones.

Cabe mencionar que las concentraciones ambientales de NO₂ han presentado valores que están muy por debajo de las respectivas normas entre los años 2014 y 2017. El efecto del incumplimiento en las emisiones de NO_x, por cierto, ya está incluido en los niveles reales de calidad del aire medidos entre los años 2014 y 2017 en la estación Huasco II.

En relación al **considerando 37 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En cuanto al Hecho Infraccional N°3, consistente en la "superación de los valores diarios promedio de emisión en los Chimeneas 2A y 2B, tanto para Óxidos de Nitrógeno (NO_x) como dióxido de Azufre (SO₂)", en su sección "Descripción de los efectos negativos producidos por la infracción", deberá revisarse la redacción de la primera parte, al no tener sentido lo consignado -"[s]e aclara que el valor que efectivamente corresponde al SO₂ (dióxido de azufre) medido en el informe con fecha 07-03-2013 en vez del valor de 421,9 t/d, valor que corresponde a las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono)"-. Adicionalmente, se deberá explicar fundadamente la razón por la que el descarte de efectos asociado a NO_x, se remite solo a NO₂ -"[e]l aumento de la concentración estimada de NO₂, por el modelo de dispersión... Los valores de NO₂ se encuentran muy por debajo de la norma de calidad..."-. En base a dicha aclaración, la empresa deberá evaluar si los efectos pudieran estar subestimados, debiendo formular o complementar acciones que se hagan cargo de la totalidad de dichos efectos”

Se aclara que el valor reportado por la autoridad, *Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos*, de 421,9 t/d de emisiones de SO₂ en la chimenea 2A según informe con fecha 7 de marzo del año 2013 presenta un error de transcripción, ya que si se revisa el mencionado informe de monitoreo de emisiones **el valor de 421,9 t/d corresponde a emisiones de CO₂ no a emisiones de SO₂**, por esta razón se corrige dicho valor por el valor correcto el cual corresponde a 0,169 t/d de SO₂ tal como se muestra en la *Tabla 5-9*.

Respecto a lo mencionado en la observación de que *los efectos asociados a NO_x solo se remiten a NO₂*, se aclara que si bien a nivel de emisiones existen normas relativas al NO_x, a nivel mundial los estándares y normas de calidad del aire, las cuales regulan los valores de inmisión, están orientados a proteger la salud

de las personas (normas primarias), recursos naturales y ecosistema (normas secundarias), regulando los niveles de NO₂ en el ambiente, no así el NO ni el NO_x total. Esto se puede verificar, a modo de ejemplo, en las siguientes referencias:

- D.S. N° 114/02 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República “Norma de Calidad Primaria de Aire para dióxido de nitrógeno (NO₂)”, no existe norma de calidad primaria de aire para óxido de nitrógeno (NO) en Chile.
- Estándares de calidad del aire según la US EPA, EPA National Air Quality Standards (<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>)
- Estándares de calidad del aire de la UE (<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>)
- World Health Organization, (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: actualización mundial 2005.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, el cargo N°3 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto, “El aumento de la concentración estimada de NO₂, por el modelo de dispersión, en la estación de calidad del aire Población Huasco II y de la concentración diaria estimada de SO₂ en la misma estación monitorea. Los valores de NO₂ se encuentran muy por debajo de la norma de calidad y el incremento en el SO₂ no genera efectos sobre la salud”.

5.2.2 HECHO 4:

Las condiciones de diseño y operación de sistema de abatimiento en chimenea 2A difieren de lo evaluado y aprobado ambientalmente, en los siguientes aspectos:

- a) El diámetro de la chimenea es 1,4 metros inferior a lo autorizado.*
- b) La velocidad de los gases supera el máximo aprobado, en todos los semestres reportados, según la Tabla N° 5 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.*

5.2.2.1 Descripción del Hecho

Tal como el hecho describe, la chimenea 2A fue construida con un diámetro de salida de 3,6 metros, esto es, 1,4 metros inferior a los 5 metros que consigna la RCA N°215/2010 en su considerando 4.2.2.3. Esta diferencia obedece a una modificación respecto del diseño original durante la etapa de ingeniería de detalle.

El diseño original de 5 metros se estableció en forma previa a la modificación con objeto del proyecto de “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets” y en dicha oportunidad el objetivo principal, en lo que a las características de las emisiones evacuadas a través de la chimenea 2A se refiere, era reducir

las emisiones a través del precipitador electrostático y desulfurizador húmedo considerados y facilitar su posterior dispersión gracias al aumento de altura de 40 a 60 metros¹².

No fue sino hasta la etapa de ingeniería de detalle que, en busca de un diseño óptimo que maximizara la velocidad de evacuación de los gases sin que ello implicara aumentar las pérdidas de carga del flujo producto del roce con la chimenea, se optó por una chimenea de menor diámetro como la que finalmente se construyó¹³.

El cambio entonces obedeció a criterios técnicos de diseño, lo cual del punto de vista ambiental facilita la dispersión de las emisiones debido a la mayor velocidad de evacuación a consecuencia de un menor diámetro. Por otra parte, esta disminución del diámetro no tiene efecto sobre el caudal de diseño, por lo que no se altera el correcto funcionamiento del precipitador¹⁴.

Dicho lo anterior, es entendible cuestionarse por qué no se utilizó este diámetro óptimo desde las etapas tempranas de ingeniería del Proyecto. La respuesta radica en que la ingeniería inicialmente se enfocó en reducir la masa de material particulado y dióxido de azufre emitida por los equipos de control a instalar, facilitando su dispersión gracias al aumento de altura de la chimenea. No fue sino hasta etapas posteriores que se alcanzó un diseño optimizado según se ha señalado.

Con todo, mediante el análisis que se presenta a continuación, se busca aclarar y respaldar que este cambio no implicó la generación de impactos distintos o adicionales a los evaluados en el marco del proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”.

5.2.2.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

RCA 215/2010 Considerando 4.2.2.3 Nuevas Instalaciones y Equipos

a) Fase 1

La chimenea 2A será remodelada durante la construcción de la fase 1 del proyecto. Las características de las chimeneas 2A y 2B se muestran en la siguiente tabla:

Característica	Chimenea 2A	Chimenea 2B
Ubicación	280138E; 6847797N	280170E; 6847860N
Altura de la chimenea (m)	60	30
Diámetro de salida (m)	5	3
Velocidad de salida (m/seg)	7,78	22,6
Temperatura de gases (K)	328,15	320,45
Combustible	Carbón bituminoso (100%)	Carbón bituminoso (100%)

Por otra parte, las características de la chimenea 2A no sufren modificaciones adicionales de cara a la Fase II.

¹² Respuesta a considerando 56 de la resolución exenta N°8 Formula a observaciones a PdC

¹³ Respuesta a considerando 56 de la resolución exenta N°8 Formula a observaciones a PdC

¹⁴ Respuesta a considerando 55 de la resolución exenta N°8 Formula a observaciones a PdC

5.2.2.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de la condición infringida (chimenea de menor diámetro) es:

- Que las emisiones canalizadas a través de la chimenea generen una inmisión como la estimada en el EIA. La velocidad de salida de los gases es función del caudal de estos (que es una variable dada de proceso) y del diámetro de la chimenea. En términos generales a menor diámetro mayor velocidad y a mayor velocidad mayor altura efectiva de los gases y a su vez menor concentración ambiental.
- Lo anterior se relaciona directamente con el seguimiento y monitoreo de la variable ambiental calidad del aire.

5.2.2.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

A continuación, se muestran la velocidad de salida de gases estimada a través de mediciones isocinéticas, las cuales fueron reportadas a la autoridad. En la Tabla 5-31 se muestran las velocidades reportadas en cada una de las mediciones, las cuales coinciden con las que se muestran en la Tabla N° 5 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos, con la excepción del valor que se marca con una celda verde. En la mencionada tabla se agrega la temperatura medida, se estima el promedio de las mediciones para ambos parámetros y se incluyen los valores de la RCA a modo de comparación.

Tabla 5-31 Emisiones totales RCA y promedio mediciones

Chimenea 2A	Fecha informe reportado	Velocidad de salida gases (m/s)	Temp. Salida gases (°C)
2013-1	07-03-2013	15,70	50,10
2013-2	11-10-2013	15,10	51,00
2014-1	23-02-2014	15,40	49,80
2014-2	03-09-2014	14,57	51,33
2015-1	10-06-2015	17,22	58,64
2015-2	17-11-2015	15,33	58,64
2016-1	03-08-2016	17,45	51,53
2016-2	30-01-2017	18,10	51,00
2017-1	04-09-2017	18,80	44,20
Promedio		16,41	51,80
Valor RCA - Fase II		7,78	55,00

La altura efectiva de salida de los gases no se limita exclusivamente a la altura de la chimenea, sino que también depende del efecto de boyancia que se genera debido a la diferencia de temperatura entre los gases y la temperatura ambiental; y también depende del momentum de salida de los gases¹⁵, el cual está

¹⁵ Seinfeld, John H., and Spyros N. Pandis. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2016.

asociado a la velocidad de salida de éstos. Según las mediciones isocinéticas reportadas entre los años 2013 y 2017 la velocidad de salida de los gases fue en promedio de 16,41 m/s en vez de los 7,78 m/s de diseño (RCA 215/2010). Esta diferencia de velocidad de salida de los gases respecto al diseño se debe principalmente al menor diámetro de la chimenea, ya que a igual caudal de salida los gases (en este caso el caudal medido es similar al caudal de diseño), mientras más pequeño es el diámetro de salida mayor es la velocidad de salida de los gases, esto se debe a que el caudal de salida de los gases corresponde a la velocidad de salida de los gases por el área de la sección del ducto ($Q = V \times A$).

En este caso se espera que el efecto de la diferencia del momentum de salida de los gases entre el caso medido y de diseño sea de mayor importancia que la diferencia de efecto de boyancia entre los dos casos (lo que se corrobora con modelación numérica más adelante en el informe), ya que la temperatura de salida medida entre los años 2013 y 2017 fue en promedio de 51.8 °C, la cual está dentro del orden de magnitud con la temperatura de diseño de salida de los gases que es de 55 °C. Se debe agregar a lo anterior, que ambas temperaturas no son muy altas con relación a la temperatura ambiente. En resumen, como la altura efectiva de salida de los gases corresponde a la altura de la chimenea más el efecto de elevación de la pluma, que en este caso es mayor que en el caso de diseño, debido a un mayor momentum asociado a una mayor velocidad de salida de los gases, esta mayor altura efectiva de salida de los gases favorece la dispersión y dilución de los contaminantes antes de llegar al nivel de suelo, lo que se traduce en menores concentraciones.

Para verificar lo expuesto se realizó una modelación de dispersión de contaminantes con el modelo Calpuff. Se modeló un escenario base que consiste en el escenario considerando las emisiones y características de las fuentes de la Fase II del proyecto descrito en la RCA 215/2010 (diseño) y un segundo escenario con las mismas emisiones de la RCA pero utilizando el promedio de las velocidades y temperaturas de salida de los gases reportadas en los informes de mediciones isocinéticas, las cuales se indican en la Tabla 5-31, denominado como actual.

Ambos escenarios son modelados con el modelo Calpuff para determinar el aporte en concentraciones en la estación Población Huasco II y en el punto de máximo impacto (PMI) para finalmente determinar un delta de concentraciones entre ambos escenarios y visualizar cuál es el aumento o disminución en concentraciones generadas por la diferencia en las características (menor diámetro) de la fuente.

Emisiones

Se consideraron dos escenarios, un escenario con características de la chimenea 2A según RCA y otro con las características actuales de la fuente, considerando velocidad y temperatura de los gases medida. Para ambos escenarios se consideran las emisiones de la chimenea 2A según RCA 215/2010 para la Fase II, las cuales se muestran en la Tabla 5-32.

Tabla 5-32. Emisiones totales RCA 215/2010

E (t/d)	2A
MP10	0,760

SO ₂	1,100
NOx (como NO ₂)	1,188

Fuente: Elaboración propia

Modelación de dispersión de emisiones

La modelación de dispersión de contaminantes siguió los lineamientos de la Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. Para este efecto se utilizó el modelo Calpuff con meteorología del año 2016 la cual fue estimada con el modelo WRF-ARW en su versión 3.8.1. Cabe mencionar que el modelo utilizado es distinto y más avanzado que el modelo AERMOD utilizado para la RCA 215/2010. La configuración de WRF y en el análisis de incertidumbre del modelo meteorológico se presentan en el Anexo 4 - Modelo Meteorológico y Análisis de incertidumbre CMP - Huasco.

El modelo CALPUFF se configuró con el mecanismo químico Rivad/Isorropia para estimar la formación secundaria de NO₃ proveniente de las emisiones de NOx y la formación secundaria de SO₄ a partir de las emisiones de SO₂. El mecanismo también estima el balance del NO y NO₂.

A continuación, en la Tabla 5-33 se muestran las tasas de emisión ingresadas al modelo para el escenario de la Fase II y en la Tabla 5-34 se indican las características de cada chimenea.

Tabla 5-33. Tasas de emisión Chimeneas 2A

Escenario	RCA 215/2010 Fase II
E (g/s)	2A
MP10	8,8
SO ₂	12,7
NOx (como NO ₂)	13,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-34. Características de las fuentes

Chimenea	2A	
Características Fuentes	RCA	Medido
V. Salida gases (m/s)	7,78	16,41
Diámetro (m)	5	3,6
Temperatura (K)	328,15	324,54
Altura chimenea (m)	60	

Fuente: Elaboración propia

MP2.5 (MP10)

En las siguientes tablas, para el caso del MP se puede ver que el cambio en las características de la fuente (chimenea) genera reducción de concentraciones tanto en Población Huasco II como en el punto de máximo impacto (PMI) en todos los casos, excepto en el caso del percentil 98 del MP total (primario más

nitratos y sulfatos) donde se genera un aumento de 0,15 µg/m³ debido a la consideración de formación de contaminantes secundarios.

Tabla 5-35. Concentraciones de MP primario y MP total en estación P. Huasco II, escenarios RCA y actual (medido)

	Población Huasco II			
	RCA	Medido	Delta	%
MP primario anual (µg/m³)	1,46	1,41	-0,05	-3,49%
MP primario diario (µg/m³)	4,72	4,65	-0,07	-1,52%
MP TOT anual (µg/m³)	1,53	1,48	-0,05	-3,29%
MP TOT diario (µg/m³)	4,97	5,12	0,15	3,05%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-36. Concentraciones de MP primario y MP total en PMI, escenario RCA y actual (medido)

	PMI			
	RCA	Medido	Delta	%
MP primario anual (µg/m³)	1,55	1,41	-0,14	-8,84%
MP primario diario (µg/m³)	4,72	4,65	-0,07	-1,52%
MP TOT anual (µg/m³)	1,61	1,48	-0,13	-8,06%
MP TOT diario (µg/m³)	4,97	5,12	0,15	3,03%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la ubicación del PMI para el MP10, este se ubica en la estación Población Huasco II en todos los casos, con la excepción de la norma anual de MP10 en el escenario RCA donde el MPI se ubica 800 metros al oeste-suroeste de Población Huasco II, pero sin salir del radio de representatividad de 2 kilómetros de la estación monitora Población Huasco II y además manteniéndose la estación Población Huasco II con el punto poblado más cercano al PMI, las ubicaciones se muestran en la Figura 5-27.

SO₂

Para el caso del SO₂, resultan reducciones de entre 3,6% y 0,9% para la estación Población Huasco II y de entre 9,5% y 0,93% para el PMI.

Tabla 5-37. Concentraciones de SO₂ en estación P. Huasco II, escenario RCA y actual (medido)

	Población Huasco II			
	RCA	Medido	Delta	%
SO ₂ anual (µg/m³)	2,01	1,94	-0,07	-3,55%
SO ₂ diario (µg/m³)	7,48	7,41	-0,07	-0,93%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-38. Concentraciones de SO₂ en PMI, escenario RCA y actual (medido)

	PMI			
	RCA	Medido	Delta	%
SO ₂ anual (µg/m ³)	2,14	1,94	-0,20	-9,52%
SO ₂ diario (µg/m ³)	7,48	7,41	-0,07	-0,92%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la ubicación del PMI para el SO₂, este se ubica en la estación Población Huasco II en todos los casos, con la excepción de la norma anual de SO₂ en el escenario RCA donde el MPI se ubica al oeste-suroeste de Población Huasco II, pero sin salir del radio de representatividad de 2 kilómetros de la estación monitora Población Huasco II y además manteniéndose la estación Población Huasco II con el punto poblado más cercano al PMI, las ubicaciones se muestran en la Figura 5-27.

NO₂

El modelo estima aumentos para el NO₂ horario en el PMI donde se ve un delta positivo de 0,02 µg/m³, correspondiente a un 0,005% de la norma respectiva.

Tabla 5-39. Concentraciones de NO₂ en estación P. Huasco II, escenarios RCA y actual (medido)

	Población Huasco II			
	RCA	Medido	Delta	%
NO ₂ anual (µg/m ³)	1,89	1,82	-0,07	-3,66%
NO ₂ horario (µg/m ³)	36,65	35,17	-1,48	-4,03%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-40. Concentraciones de NO₂ en PMI, escenarios RCA y actual (medido)

	PMI			
	RCA	Medido	Delta	%
NO ₂ anual (ug/m3)	1,98	1,83	-0,16	-7,90%
NO ₂ horario (ug/m3)	73,76	73,78	0,02	0,03%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la ubicación del PMI para el NO₂, este se ubica al sur de la planta de Pellets para la norma horaria en ambos escenarios, para la norma anual se ubica 800 metros al oeste-suroeste de Población Huasco II en el escenario RCA y en Población Huasco II en el escenario actual, manteniéndose Población Huasco II como el PMI Poblado. Las ubicaciones se muestran en la Figura 5-27.

Figura 5-27 Ubicación puntos de máximo impacto (PMI)



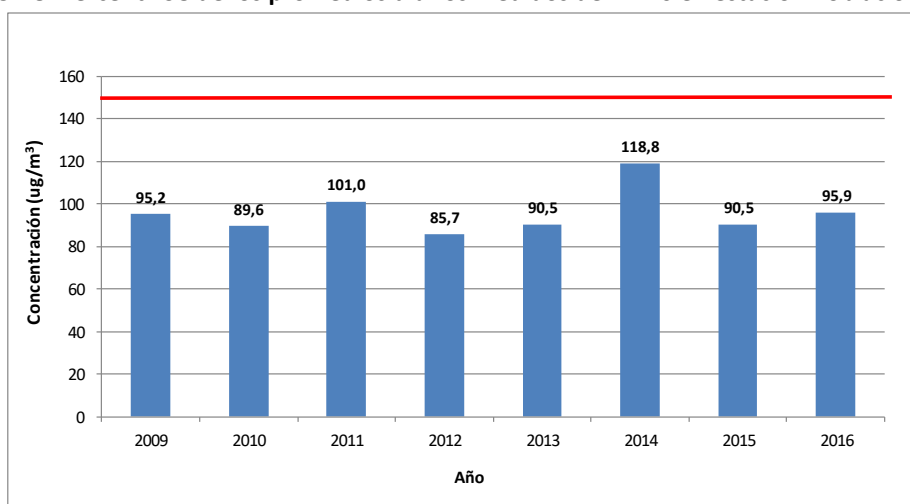
Fuente: Elaboración propia

Análisis de los efectos observados

A continuación, se discute solo el caso del MP diario, ya que para el caso del MP anual y de los gases (SO_2 y NO_2) se generan cambios ambientales positivos en los niveles de calidad del aire o variaciones despreciables al comparar la situación del escenario medido respecto al escenario RCA, lo que concuerda con el análisis teórico que se realizó antes de la modelación. Para el caso del percentil 98 del MP total (primario más nitratos y sulfatos) diario se da una situación poco común con relación a que el octavo valor diario más alto (percentil 98) para el escenario RCA se da en un día distinto al octavo valor diario más alto para el escenario medido, lo que de cierta manera genera un delta positivo de $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es un 3,03% de la concentración del escenario base y un 0,1% de la norma respectiva.

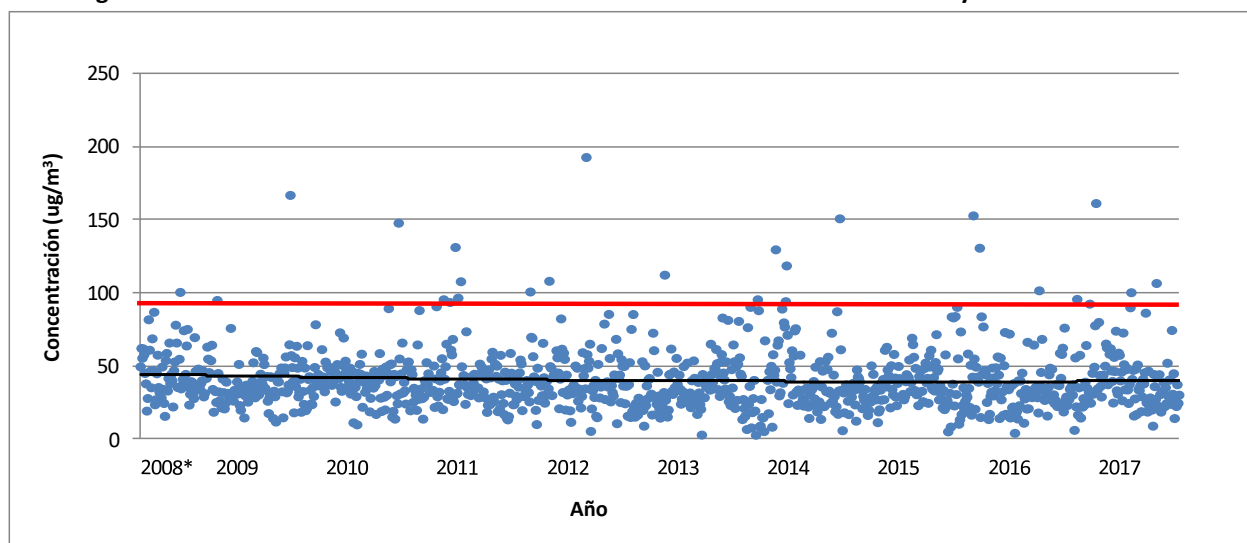
Verificando la tendencia temporal del percentil 98 de la media aritmética diaria de MP10 del 2008 en adelante, en la Figura 5-28, se puede ver que si bien la concentraciones respecto a la norma han sido oscilantes, los valores se encuentran por debajo del umbral de saturación y latencia y específicamente los años 2015 y 2016 se encuentran muy por debajo del umbral de latencia de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Abundando en lo anterior en la Figura 5-29 se puede observar que existe una tendencia a la disminución de los promedios diarios de MP10 del año 2008 hacia fines del 2017. Hay que considerar que los eventuales $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que se podrían generar según el modelo por la diferencia de características de la chimenea respecto a la RCA ya están considerados dentro de las mediciones presentadas y corresponde a una magnitud tan baja que no es medible con exactitud por los equipos de monitoreo de calidad del aire, de referencia o equivalentes, existentes.

Figura 5-28. Percentil 98 de los promedios diarios medidos de MP10 en estación Población Huasco



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-29. Promedios diarios medidos de MP10 en estación Población Huasco y línea de tendencia



Fuente: Elaboración propia

Se verifica que las características actuales de la fuente, respecto a las características originalmente diseñadas, generan beneficios al producir una mayor altura efectiva de descarga de los gases, debido a la mayor velocidad de salida que estos presentan respecto a la velocidad de salida de diseño, lo que hace que para la mayoría de los contaminantes se generen reducciones en los niveles de calidad del aire respecto a sus normas correspondientes. La única excepción, en la presente modelación, es para el MP total (primario más secundario) donde para la norma diaria se genera un aumento muy pequeño de 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Respecto al PMI, cabe mencionar que en la RCA 215/2010¹⁶ se presenta el PMI asociado a la totalidad de actividades de la Planta de Pellets, no el PMI asociado exclusivamente a las emisiones de las chimeneas, ni exclusivamente a las emisiones de la chimenea 2A, que es la chimenea que se modela en esta sección. El PMI estimado en la RCA 215/2010 se encuentra en las inmediaciones de la planta de Pellets, pero adicionalmente se presentó el PMI para sitios poblados, el cual corresponde a la estación Población Huasco II, este último punto si coincide con el PMI de la presente modelación en la mayoría de los contaminantes y sus normas asociadas. Según las modelaciones de dispersión de contaminantes presentadas en esta sección, el PMI se presenta en la estación monitora Población Huasco II para la mayoría de los casos, con las siguientes excepciones: NO₂ horario para los escenarios de emisiones RCA 215/2010 y actuales donde el PMI se ubica al sur de la Planta de Pellets, a 3 kilómetros de distancia de Población Huasco II, y para todas las normas anuales para el escenario RCA (MP10, SO₂ y NO₂) donde el PMI se ubica a 800 metros al oeste-suroeste de la estación Población Huasco II, pero en este segundo caso se mantiene Población Huasco II como el sitio poblado más cercano al PMI y además que 800 metros de distancia se encuentran dentro de los 2 kilómetros de radio de representatividad de una estación monitora. En conclusión, el PMI poblado en todos los casos, tanto para la modelación de emisiones RCA 215/2010 y actuales, corresponde a estación Población Huasco II, lo que coincide con el PMI Poblado reportado en la RCA 215/2010, con la única excepción del caso de la norma horaria del NO₂ donde el PMI se encuentra al sur de la Planta de Pellets para ambos escenarios de emisiones modelados (RCA 215/2010 y actual), cabe mencionar que las normas horarias, a diferencia de las normas diarias y por sobre todo las normas anuales, pueden estar sujetas a condiciones meteorológicas muy excepcionales, lo que explica que el PMI del NO₂ horario difiera de todos los otros PMI aquí estimados. Las ubicaciones se muestran en la Figura 5-27.

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma

¹⁶ Tabla 14: Resumen Puntos de Máximo Impacto Adenda 3

de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: "Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias"), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con todo lo expuesto, se estima que, en el cargo N°4 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, no se generan efectos.

5.2.3 HECHO 5:

No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de material particulado en la Planta de Pellet. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en las inspecciones ambientales que se indican:

- a) Existen sectores de la malla de protección eólica que cierran perimetralmente los acopios de mineral y carbón, que no poseen paneles de protección (Inspección Ambiental, 2015).*
- b) Dos de las pilas del sector de acopio, al menos, superan la altura de las mallas de cierre perimetral (Inspección Ambiental, 2015).*
- c) La humectación de las pilas de acopio en Planta de Pellets es deficiente (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).*
- d) En el sector de descarga de preconcentrado, los carros no son encapsulados en base a un sistema de campana para evitar la dispersión de material. En su reemplazo, se instaló un sistema de aspiración de material que no se encontraba en funcionamiento en la inspección (Inspección Ambiental, 2015).*
- e) La correa CV8, que transporta el preconcentrado hacia la Planta de Pellet estaba parcialmente encapsulada, observándose que su protección abarca únicamente dos de sus tres caras (Inspección Ambiental, 2015).*
- f) Las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 (que traslada mineral hacia la zona de embarque) no eran cóncavas sino planas, evidenciándose cantidades variables de pellet feed o pellet sinter sobre ella. Adicionalmente, en la sección correspondiente al polín 384-385, se observó rotura del faldón de tela termofusionada que se fija a ambos lados de la correa (Inspección Ambiental, 2015).*
- g) El Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo se activa a una velocidad superior a la de 6 m/s y no se activa en períodos de preemergencia.*

5.2.3.1 Descripción del Hecho

Se analizan los hechos constatados en las inspecciones ambientales, para identificar posibles efectos sobre elementos del medio ambiente. Además, se realizó una visita a terreno para precisar y eventualmente cuantificar los hechos constatados durante el proceso de fiscalización de la SMA.

i) Existen sectores de la malla de protección eólica que cierran perimetralmente los acopios de mineral y carbón, que no poseen paneles de protección (Inspección Ambiental, 2015).

De la revisión del informe de Inspección Ambiental 2015, Informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA, los sectores en donde fueron identificados paneles sin malla de protección, corresponden al acopio de carbón y acopio de pellets chip sector salvataje. Respecto de los sectores de la cancha de carbón sin paneles de protección, estos correspondían a paneles intermedios, no perimetrales, y de menor altura, que se encontraban dentro de la cancha que posee protección eólica perimetral. La Figura 5-144 muestra los paneles sin protección reportados en la cancha de carbón en el informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

Figura 5-30: Paneles sin malla de protección, cancha de carbón.



Fuente: Fotografía 14, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

En el sector de acopio de pellets chip sector salvataje, se constató que existían sectores con cierre perimetral sin malla de protección, y sectores con malla en mal estado. La Figura 5-31 muestra los sectores identificados durante la Inspección Ambiental 2015.

Figura 5-31: Paneles sin malla de protección, pellets chip sector salvataje



Fuente: Fotografía 08 y fotografía 09, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA. [Coordenadas Datum WGS84 Huso 19.](#)

ii) Dos de las pilas del sector de acopio, al menos, superan la altura de las mallas de cierre perimetral (Inspección Ambiental, 2015).

De la revisión del informe de Inspección Ambiental 2015, Informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA, es posible indicar que los sectores en donde fueron identificadas pilas que superan la altura de las mallas de cierre perimetral, corresponden al sector de acopio de pellets chip sector salvataje. La Figura 5-32 muestra acopios identificados durante la Inspección Ambiental 2015.

Figura 5-32: Acopios en cancha que superan la altura de la malla de protección eólica



Fuente: Fotografía 10, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

Coordenadas N (m): 6.847.419 - E (m): 280.348, Datum WGS84 Huso 19.

iii) La humectación de las pilas de acopio en Planta de Pellets es deficiente (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).

La Inspección Ambiental 2013 y 2015, indican que la humectación de las pilas de acopio de Planta de Pellets es deficiente. En el informe de inspección ambiental 2015 se indica que:

- Los aspersores no funcionan simultáneamente debido a que el estanque de carga del agua utilizado no tiene el volumen suficiente para que todos los aspersores funcionen, por lo que debe ser cargado periódicamente, lo que produce un desfase en la activación de los otros aspersores.
- De los 6 aspersores que funcionaban, uno de ellos llegó hasta una de las pilas de acopio, mientras que los otros no alcanzaron las pilas. Se constató que los aspersores estuvieron activados de 15 a 20 segundos.
- El primer aspersor, ubicado al costado oriente de la cancha, no alcanza la pila de acopio, dado que el viento actuó como una barrera virtual.

iv) En el sector de descarga de preconcentrado, los carros no son encapsulados en base a un sistema de campana para evitar la dispersión de material. En su reemplazo, se instaló un sistema de aspiración de material que no se encontraba en funcionamiento en la inspección (Inspección Ambiental, 2015).

En la Inspección Ambiental 2015, se constató la inexistencia de sistema de encapsulamiento tipo campana, en su reemplazo existe sistema de aspiración, el que se encontraba detenido al momento de la inspección.

Se estima que la inexistencia del sistema de encapsulamiento en la descarga de preconcentrado desde los carros del tren, produce emisiones adicionales, respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”. La Figura 5-33 muestra el sector de descarga de tren durante la Inspección Ambiental 2015.

Figura 5-33: Inexistencia de sistema de encapsulamiento tipo campana.



Fuente: Fotografía 29, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

v) La correa CV8, que transporta el preconcentrado hacia la Planta de Pellet estaba parcialmente encapsulada, observándose que su protección abarca únicamente dos de sus tres caras (Inspección Ambiental, 2015).

Durante la Inspección Ambiental del año 2015, se observó que una parte de la correa CV8, que transporta preconcentrado hacia la Planta de Pellets, se encontraba descubierta en uno de sus costados.

A continuación, la Figura 5-34, presenta la fotografía presentada en el informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA, en donde se observa que la sección de correa que posee cobertura parcial presenta una fracción menor de la extensión total de la correa CV8, que es de 530 metros.

Figura 5-34: Correa CV8, sector descubierto.



Fuente: Fotografía 21, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

vi) Las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 (que traslada mineral hacia la zona de embarque) no eran cóncavas sino planas, evidenciándose cantidades variables de pellet Feed o pellet sinter sobre ella. Adicionalmente, en la sección correspondiente al polín 384-385, se observó rotura del faldón de tela termofusionada que se fija a ambos lados de la correa (Inspección Ambiental, 2015).

Durante la Inspección Ambiental del año 2015, se constató que las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 eran planas, y poseían en superficie cantidades variables de Pellet Feed y de Pellet Sinter. Se estima que la existencia de producto sobre las bandejas existentes bajo la correa CV19, produce emisiones adicionales, respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”.

vii) El Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo se activa a una velocidad superior a la de 6 m/s y no se activa en períodos de preemergencia.

Durante el año 2017 y 2018, el Departamento de Ingeniería en Construcción, de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, desarrollo para CMP – Planta de Pellets, un estudio para determinar la perdida de material en pilas de acopio debido a la erosión eólica¹⁷. En el estudio se realizaron pruebas para preconcentrado, Sinter Feed, Pellet Feed y Pellet Producto, los tres principales acopios existentes en cancha. Los resultados obtenidos indican que estos materiales no muestran pérdidas debido a erosión eólica con velocidades inferiores a 6 m/s. Por lo anterior se estima que el umbral definido de 6 m/s, permite tomar acciones para prevenir la ocurrencia de emisiones producto de erosión eólica en pilas de acopio, por lo tanto, no se evalúa este hecho constatado en términos de emisiones atmosféricas adicionales, ni como aporte en calidad del aire.

¹⁷ Se adjunta en Anexo 5 “Informe Técnico Determinación En Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades” – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

5.2.3.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°5, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 215/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 10.9 Condiciones o Exigencias Específicas:** Respecto las medidas de mitigación de material particulado implementadas en los acopios de preconcentrado de hierro, caliza, carbón y pellets se aceptan las medidas propuestas por el titular del cierre perimetral completo de altura superior a 1 metro a la altura máxima declarada del acopio respectivo. Se instruye a que dicho cierre debe construirse de estructura y malla metálica, además de la malla cortaviento, de manera de asegurar que esta última no sufrirá daño, roturas, deformaciones debido a la acción del viento y el paso del tiempo.
- **Considerando 4.2.1 Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes. Letra c). Almacenamiento:** (...) las capacidades máximas de los acopios están definidas por la altura máxima que pueden alcanzar las distintas pilas (...)
- **Considerando 5.1 Síntesis Observaciones Ciudadanas. Respuesta N° 17:** Para la Etapa de operación, las medidas comprometidas para mitigar las emisiones de fuentes areales, son las siguientes: (...) La emisión de polvo fugitivo desde Planta de Pellets, como las canchas de acopio de preconcentrado, pellets, sinter, granzas y carbón cuentan con un sistema de humectación que contempla dos aplicaciones de agua diarias (...) Se humectara a las pilas intermedias y pantallas eólicas a los acopios de caliza.
- **Considerando 12.1.3: D.S. N°59/98 y D.S. N°45/01 Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia Cumplimiento:** Durante la etapa de Construcción y Operación se generarán emisiones a la atmósfera (polvo principalmente (...)) el Titular presentó como medidas adicionales para la reducción de sus emisiones la humectación a las pilas intermedias y pantallas eólicas a los acopios de caliza, (...) determinó que la humectación se hará con aspersores, de diseño similar a los actualmente existentes en la Planta.
- **Considerando 13.4 Permiso Ambiental Sectorial Artículo 94:** (...) el titular ha adquirido compromiso de considerar aspersores que abarquen la totalidad de la superficie de los acopios mencionados. La humectación se realizará de acuerdo con el plan respectivo, considerando: Humectación preventiva en base a pronóstico meteorológico. Con alcance del total de la superficie de los acopios de preconcentrado, carbón y pellets, incluyendo pilas intermedias. Como mínimo, humectación 1 vez por día en período invernal y 2 veces por día en época estival. Reacción de acuerdo con el plan de contingencia existente, en caso de que la velocidad del viento supere los 6 m/s.
- **Considerando 5.1 Síntesis Observaciones Ciudadanas. Respuesta N° 15:** (...) En el caso de la descarga, se ha considerado el encapsulamiento de dicho sistema mediante campanas que se posarán sobre la escotilla de carga de cada carro que esté siendo descargado, la automatización de la operación de descarga, sistema automático de insuflado de aire y reemplazo del compresor existente.

- **Considerando 7. Medidas de Mitigación, Reparación y/o Compensación. 7.1.1 Calidad de Aire.**
- **Considerando 4.7.1 Compromisos voluntarios. Letra a):** Con relación a las medidas de disminución de emisiones fugitivas, las siguientes acciones estarán implementadas antes de agosto del 2011: (...) Instalación de aspersores en los acopios de insumos y productos.

5.2.3.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones y normas infringidas se relacionada directamente con el control de emisiones fugitivas y areales.

5.2.3.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Metodología para la cuantificación de aportes

Para la cuantificación de los efectos primero fue analizada la posibilidad de generación de emisiones adicionales debido a que no fueron adoptadas todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de material particulado en la Planta de Pellet, para cada uno de los hechos constatados.

Posteriormente fueron estimadas las emisiones adicionales generadas a raíz de los hechos constatados, que difieren de lo indicado y evaluado en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire.

Finalmente, las emisiones adicionales estimadas fueron modeladas con el modelo Calpuff, siguiendo las recomendaciones indicadas en el documento “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA”, y que se detalla en el Anexo 4: Metodología Modelo de Dispersión y Meteorológico CAP – Huasco”. Producto de la modelación fueron obtenidos aportes en calidad del aire para MP10 y MP2,5 en estación de calidad del aire Huasco II, y los aportes en material particulado sedimentable (MPS) en las seis estaciones de monitoreo de MPS, cuya distribución geográfica se presenta en la Figura 5-35. Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa primaria de calidad del aire para material particulado, y norma secundaria para MPS.

Figura 5-35. Estaciones de monitoreo Huasco.



A continuación, se presenta la cuantificación de emisiones y de inmisiones (aportes en calidad del aire), para cada uno de los hechos constatados.

Estimación de emisiones

A continuación, se presenta la estimación de emisiones para cada uno de los hechos constatados, y descritos en el punto anterior.

- i) **Existen sectores de la malla de protección eólica que cierran perimetralmente los acopios de mineral y carbón, que no poseen paneles de protección (Inspección Ambiental, 2015).**

La ubicación de la pantalla (con mallas en mal estado), en la cancha de carbón, corresponde a una pantalla intermedia de carácter operacional. Dado que la cancha cuenta con protección eólica en todo su perímetro (pantallas), no existió emisión adicional respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”.

Para las pilas de pellets chip del sector salvataje se estima que pudieron producirse emisiones adicionales, producto del estado observado del cierre perimetral, respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”. Para estimar estas emisiones adicionales, fue considerado un escenario conservador, en donde se supuso que las pantallas existentes no tienen eficiencia en la reducción de emisiones por erosión eólica sobre las pilas de pellets chips del sector salvataje y por lo tanto las emisiones generadas son las de una situación sin control.

En el EIA las emisiones estimadas para el escenario denominado Fase I, correspondían al periodo de operación 2015, las cuales consideraron medidas de control de emisiones en pilas de acopio con un 50% de eficiencia, producto de la acción combinada de pantallas perimetrales y humectación de pilas. Para la evaluación de un escenario conservador, se consideró que las pantallas perimetrales no poseen eficiencia en el control de emisiones producidas por erosión eólica. A continuación, la [Tabla 5-41](#) indica las emisiones presentadas en el EIA Fase I, y las emisiones al considerar una eficiencia nula de las pantallas perimetrales sobre la erosión eólica, y en las pilas de acopio de pellets chip sector salvataje, en donde la eficiencia disminuye a un 25%.

Tabla 5-41. Emisiones por erosión eólica pellets chip sector salvataje (t/año).

Escenario	Eficiencia	MP30	MP10	MP2,5
EIA	50%	0,62	0,30	0,04
Evaluación de efectos	25%	0,93	0,45	0,06
Delta		0,31	0,15	0,02

Fuente: Anexo 2 “Actualización análisis de impacto en la calidad del aire”, ADENDA N° 2 EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”, Tabla 18, Tabla 21, Tabla 24 y Tabla 27.

ii) Dos de las pilas del sector de acopio, al menos, superan la altura de las mallas de cierre perimetral (Inspección Ambiental, 2015).

Se estima que la existencia de pilas que superaban la altura de las mallas de cierre perimetral pudo producir emisiones adicionales, producto de erosión eólica, respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”. Para estimar los posibles efectos de estas emisiones adicionales, fue evaluado un escenario conservador, en donde se supuso que las pantallas no tienen eficiencia en la reducción de emisiones por erosión eólica sobre las pilas de pellets chips del sector salvataje. La evaluación de este efecto se encuentra incluida en la evaluación del hecho (i).

iii) La humectación de las pilas de acopio en Planta de Pellets es deficiente (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).

Considerando la operación del sistema de humectación de pilas, constatado en las inspecciones ambientales, se considera que la humectación deficiente de las pilas de acopio pudo producir emisiones adicionales, respecto de las emisiones estimadas y evaluadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”. Para evaluar el efecto de la deficiencia de humectación de pilas, se consideró que esta medida (en la forma que se estaba aplicando) no estaba teniendo eficiencia para reducir las emisiones producidas por la erosión eólica sobre las pilas de acopio.

En el EIA las emisiones estimadas para el escenario denominado Fase I, correspondían al periodo de operación 2013 y 2015, y consideraron medidas de control de emisiones en pilas de acopio con eficiencia de 50%, producto de la eficiencia combinada de pantallas perimetrales y humectación de pilas. Para la evaluación de un escenario conservador, se consideró que la medida de humectación no posee eficiencia en el control de emisiones producidas por erosión eólica. La [Tabla 5-42](#) indica las emisiones presentadas en el EIA Fase I. Al considerar que la medida de humectación no posee eficiencia en control de emisiones por erosión eólica, la eficiencia de control disminuye a un 25%.

Tabla 5-42: Emisiones por erosión eólica (t/año).

Pila	Emisiones (t/año) EIA Fase I (50%)			Emisiones (t/año) Evaluación de efectos (25%)		
	MP30	MP10	MP2,5	MP30	MP10	MP2,5
Preconcentrado	0,80	0,40	0,07	1,20	0,60	0,11
Pellet Producto (Básico o RD)	1,79	0,88	0,15	2,68	1,31	0,22
Pellet Feed en cancha	0,77	0,40	0,07	1,15	0,60	0,11
Pellet Producto o Chips	1,13	0,55	0,07	1,70	0,82	0,11
Sinter Feed o Granzas	0,58	0,29	0,04	0,88	0,44	0,05
Pellet Chips o Granzas	0,22	0,11	0,00	0,33	0,16	0,00
Carbón	0,95	0,47	0,07	1,42	0,71	0,11
Total	6,24	3,10	0,47	9,4	4,7	0,7
Delta				3,12	1,55	0,24

Fuente: Anexo 2 “Actualización análisis de impacto en la calidad del aire”, ADENDA N° 2 EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”, Tabla 18, Tabla 21, Tabla 24 y Tabla 27.

iv) En el sector de descarga de preconcentrado, los carros no son encapsulados en base a un sistema de campana para evitar la dispersión de material. En su reemplazo, se instaló un sistema de aspiración de material que no se encontraba en funcionamiento en la inspección (Inspección Ambiental, 2015).

Para estimar los posibles efectos de estas emisiones adicionales, fue evaluado un escenario conservador, en donde se asignó al sistema de aspiración de material una eficiencia cero, y por lo tanto se supuso que todas las emisiones producidas por la actividad de descarga de preconcentrado desde los carros, son emitidas directamente a la atmosfera.

El proceso de descarga de preconcentrado desde vagones del tren, consideró que los carros eran encapsulados con un sistema de campana, al que se asignó una eficiencia de 75% en el control de emisiones de material particulado. Para evaluar la inexistencia del sistema de encapsulamiento tipo campana, en la Inspección Ambiental 2015, y su reemplazo por un sistema de aspiración, que no se encontraba en funcionamiento, fueron consideradas las emisiones indicadas en el EIA sin un sistema de control, es decir con una eficiencia de 0%.

La metodología de estimación de emisiones corresponde a la indicada en el documento AP42 de la EPA, AP-42, Ch.13.2.4 “Aggregate Handling and Storage Piles”, Batch drop operation.

$$FE = k * 0,0016 * \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

Dónde:

k: corresponde a un factor de tamaño de partícula, $k_{MP30}=0,74$, $k_{MP10}=0,35$ y $k_{MP2,5}=0,053$.

U: velocidad promedio del viento en (m/s).

M: contenido de humedad del material (%)

Adicionalmente se actualizó el valor del parámetro “humedad del material” respecto del indicado en el EIA, que consideró un valor de 3% para preconcentrado, por un valor medido de 0,63%. El valor para la velocidad del viento corresponde al utilizado en el EIA, y es de 4,14 m/s. Se consideró un total de 9.150.000 toneladas de preconcentrado al año.

Tabla 5-43. Emisiones por descarga de preconcentrado (t/año).

Tipo de material	Velocidad (m/s)	Humedad (%)	FE (kg/t)			Emisiones (t/año)		
			MP30	MP10	MP2,5	MP30	MP10	MP2,5
Preconcentrado	4,14	0,63	0,014	0,006	0,001	124,2	58,7	8,9

v) La correa CV8, que transporta el preconcentrado hacia la Planta de Pellet estaba parcialmente encapsulada, observándose que su protección abarca únicamente dos de sus tres caras (Inspección Ambiental, 2015).

Considerando que la sección de la correa CV8 que no posee cobertura corresponde a una fracción menor de la extensión total, y que esta sección se encuentra rodeada de otras estructuras, y por lo tanto protegida de la erosión eólica, se estima que no existió una emisión adicional, y por tanto no es evaluado en términos de emisiones ni como aporte en calidad del aire.

vi) Las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 (que traslada mineral hacia la zona de embarque) no eran cóncavas sino planas, evidenciándose cantidades variables de pellet Feed o pellet sinter sobre ella. Adicionalmente, en la sección correspondiente al polín 384-385, se observó rotura del faldón de tela termofusionada que se fija a ambos lados de la correa (Inspección Ambiental, 2015).

Para la evaluación de los posibles efectos de la existencia de material acumulado en la superficie de las bandejas que se encuentran bajo la CV19, se consideró la ocurrencia de erosión eólica en toda la superficie de estas. La metodología utilizada para estimar la erosión eólica corresponde a la indicada por la EPA en su documento AP42, Ch.13.2.5 “Industrial Wind Erosion”, 13.2.5. “Industrial Wind Erosion”, y se presenta a continuación.

Tabla 5-44. Factor de emisión para erosión eólica en pilas de acopio.

Factor de emisión	Variables
$FE \left[\frac{g}{m^2 \cdot \text{año}} \right] = k \cdot \sum_{i=1}^N P_i$	k: Multiplicador del tamaño de partícula.
	N: Número de perturbaciones por año.
$P_i = 58 \cdot (u^* - u_t^*)^2 + 25 \cdot (u^* - u_t^*), u^* > u_t^*$	P _i : Potencial de erosión correspondiente a viento fuerte (g/m ²).
$P_i = 0, u^* \leq u_t^*$	u*: Velocidad de fricción (m/s).
	u _t *: Velocidad de fricción umbral (m/s).
$u^* = \left(\frac{u_s}{u_r} \right) \cdot u_{10}^+, \text{ si } \left(\frac{\text{altura}}{\text{ancho basal}} \right) < 0,2$	u _s /u _r : Coeficiente adimensional asociado a una determinada porción de la pila expuesta al viento.
$u^* = 0,053 \cdot u_{10}^+, \text{ si } \left(\frac{\text{altura}}{\text{ancho basal}} \right) \geq 0,2$	
$u_t^* = 1$	u ₁₀ ⁺ : Velocidad de la ráfaga máxima de viento durante el período de perturbación a 10 m de altura (m/s).

Debido a que el material acumulado no presenta una forma cónica, se ha considerado una de las formas de pilas indicadas en la metodología EPA (Pila B3), en donde el viento incide en una dirección que se asemeja a las condiciones predominantes en la Planta de Pellets, y que se presenta en la Figura 5-36. Adicionalmente en la Figura 5-36 se presenta la rosa de vientos obtenida del monitoreo meteorológico realizado en el periodo junio 2014 a mayo de 2015, en la estación Playa Brava, ubicada al sur de Planta de Pellets.

Figura 5-36. Tipo de pila considerada para erosión eólica y rosa de vientos.

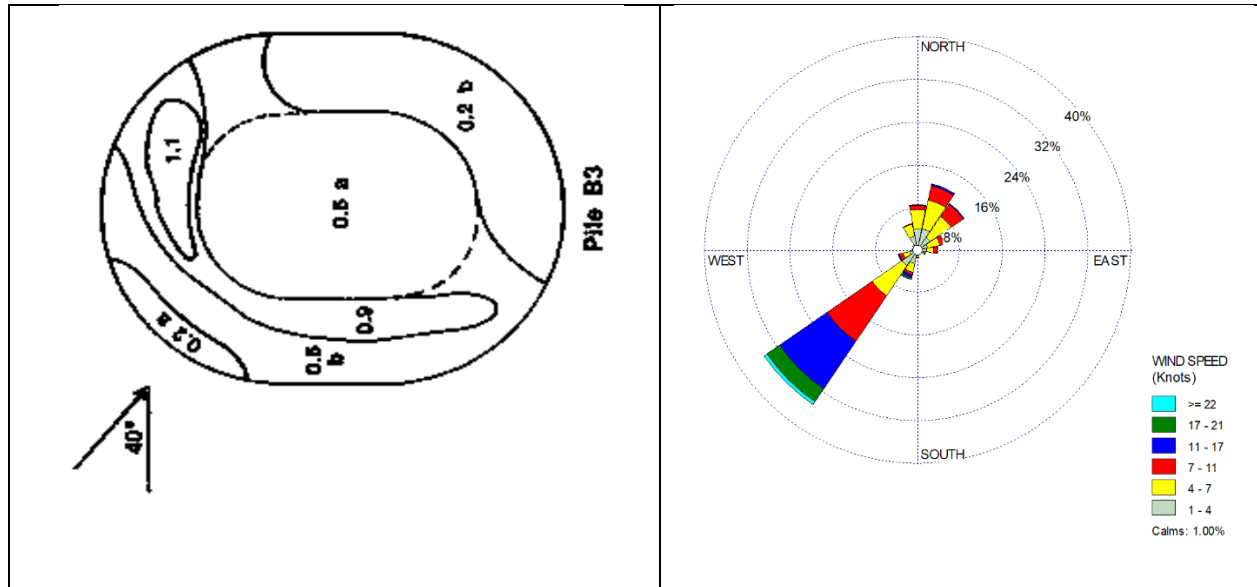


Tabla 5-45: Porcentaje del área y valor de U_s/U_r para cada sección de la pila tipo B3

Subárea pila	% del área	U_s/U_r
0.2 ^a	3	0,2
0.2b	25	0,2
0.6a	28	0,6
0.6b	26	0,6
0.9	12	0,9
1.1	4	1,1

Los valores para los multiplicadores de tamaño de partícula y los factores de emisión estimados, considerando la meteorología medida en la estación Playa Brava para el periodo junio 2014 a mayo de 2015, se presenta en la Tabla 5-46.

Tabla 5-46: Factores de tamaño de partícula y factores de emisión

Parámetro	k	FE correa (g/m ² /año)
MP2,5	0,075	52,10
MP10	0,5	347,36
MP30	1	694,72

Las emisiones estimadas para las bandejas que se encuentran bajo la correa CV19 se presentan a continuación.

Tabla 5-47: Emisión estimada para bandejas bajo correa CV19 (t/año)

Superficie m ²	Emisiones (t/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
868,7	6,04E-01	3,02E-01	4,53E-02

vii) El Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo se activa a una velocidad superior a la de 6 m/s y no se activa en períodos de preemergencia.”

No se estiman efectos producto de que no se active el Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo para velocidades del viento inferiores a 6 m/s, debido a que el estudio realizado para determinar la velocidad del viento a la que comienza a producirse pérdida de material producto de erosión eólica¹⁸, se verificó que no se produce pérdida de material antes de los 6 m/s.

Modelación de la dispersión de emisiones

Las emisiones estimadas fueron ingresadas en el modelo de dispersión Calpuff, que corresponde al modelo de dispersión recomendado en la “Guía Para el Uso de Modelos de Calidad del Aire” en el SEIA. La información meteorológica utilizada corresponde a una simulación WRF para el año 2016, para la que se presenta un análisis de incertidumbre en el Anexo 4 - “Modelo Meteorológico y Análisis de incertidumbre CMP”.

Los aportes en términos de calidad del aire, en receptores de interés, debido a las emisiones adicionales generadas por los hechos constatados en las visitas ambientales, y que fueron estimados anteriormente, se presentan en la Tabla 547.

Tabla 5-48. Aportes en calidad del aire producto de las emisiones adicionales estimadas

Receptor	µg/m ³			
	Promedio (1) Anual MP10	Percentil 98 (2) Diario MP10	Promedio (3) Anual MP2.5	Percentil 98 (4) Diario MP2.5
Población Huasco II	0,47	2,15	0,09	0,46
% respecto de norma	0,9%	1,4%	0,5%	0,9%

(1) Promedio anual MP10 50 µg/m³ - D.S. N° 59/98

(2) Percentil 98 diario MP10 150 µg/m³ - D.S. N° 59/98

(3) Promedio anual MP2,5 20 µg/m³ - D.S. N° 12/11

(4) Percentil 98 diario MP2,5 50 µg/m³ - D.S. N° 12/11

¹⁸ Ver Anexo 5 “Informe Técnico Determinación En Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades” – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Tabla 5-49. Aportes en material particulado sedimentable producto de las emisiones adicionales estimadas

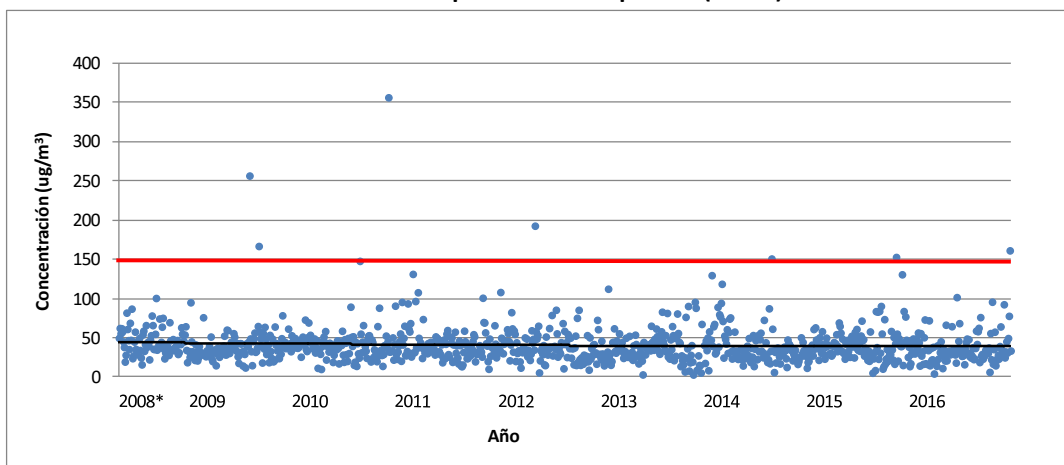
Receptor	mg/m ² /día		% respecto norma	
	MPS Anual	MPS Mes	MPS Anual	MPS Mes
MPS-1	0,21	0,39	2,2%	2,8%
MPS-2	0,26	0,30	0,2%	0,3%
MPS-3	0,19	0,52	0,3%	0,2%
MPS-4	0,24	0,34	0,2%	0,3%
MPS-5	0,17	0,46	0,2%	0,2%
MPS-6	0,30	0,33	0,2%	0,3%

Como se observa en la Tabla 5-48 y Tabla 5-49, los aportes en términos de material particulado a la calidad del aire, así como para material particulado sedimentable, presentan valores muy bajos, y que representan porcentajes adicionales conservadoramente muy bajos, y porcentajes muy menores de las normas de calidad de referencia respectivas. Los valores obtenidos son explicados principalmente por la distancia a la que se encontraban ubicadas las emisiones estimadas de las estaciones de monitoreo en donde son evaluados los aportes, como se observa en la Figura 5-35.

Línea de base fracción Respirable

En relación con el material particulado MP10 y MP2,5 durante el 2013 al 2015, periodo durante el cual se desarrollaron las infracciones, has presentado un descenso de las concentraciones como se puede advertir en las siguientes graficas.

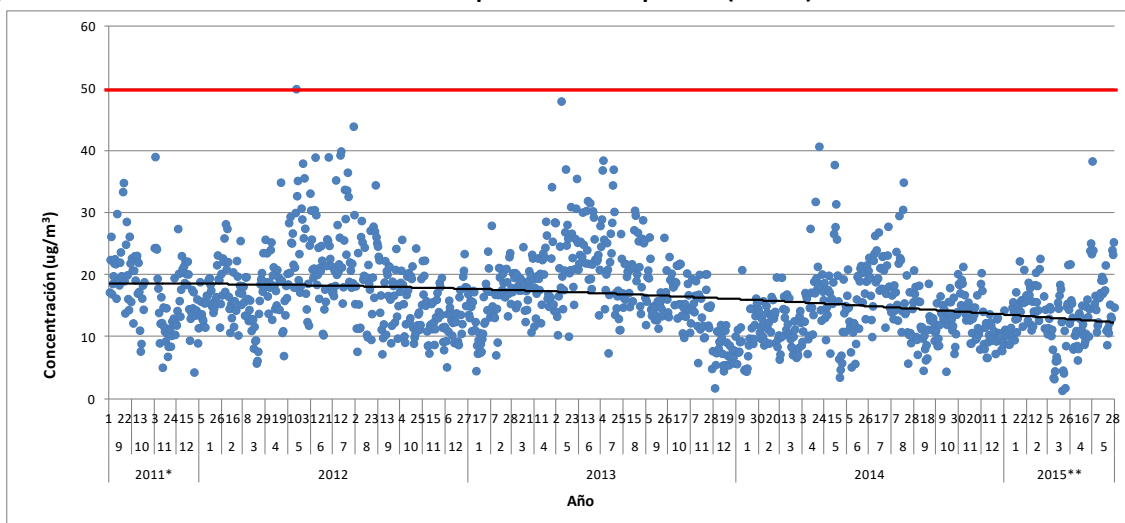
Figura 5-37. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

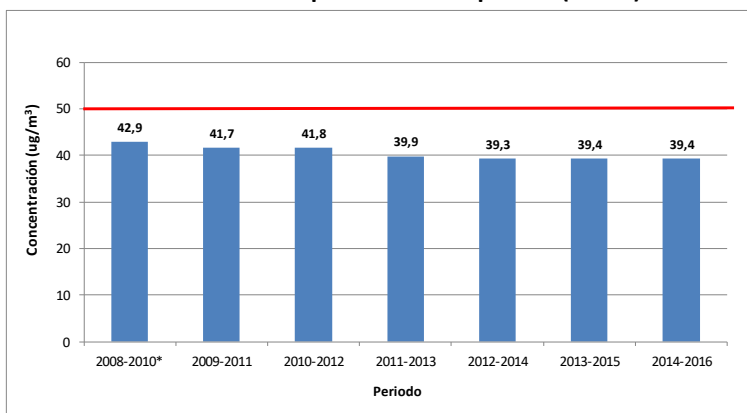
Figura 5-38. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El Promedio trianual para MP10 es de 39,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa un 78,8% del valor normado, en tanto para el MP2,5 el promedio es de 15,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 76% de la norma.

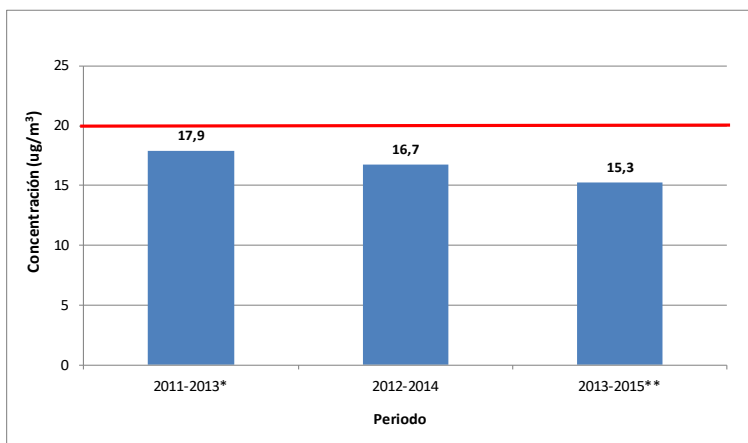
Figura 5-39. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-40. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II



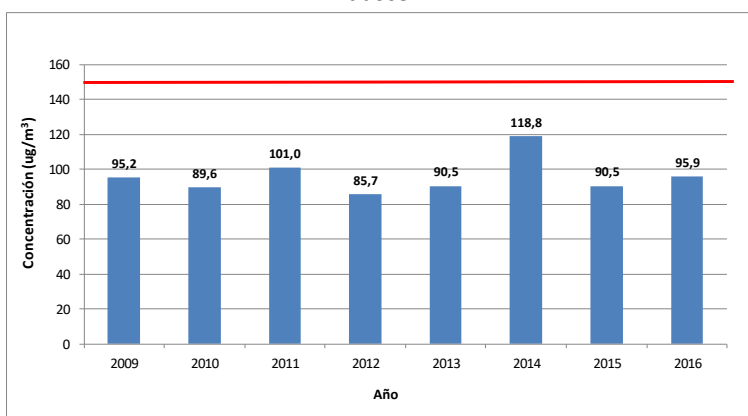
*Monitoreo disponible a partir de septiembre 2011

*Monitoreo disponible hasta mayo 2015

Fuente: Elaboración propia

Se presenta el promedio diario de MP10 para los años 2009 a 2016 en la siguiente tabla, donde para el periodo de infracción el promedio de las concentraciones diarias en percentil 98 es de 101,7 µg/m³, lo cual representa un 67% de la norma, variando de 118,8 µg/m³ el 2014 a 95,9 µg/m³ el 2016. A continuación, se presenta el promedio diario de MP10 y MP2,5 respectivamente.

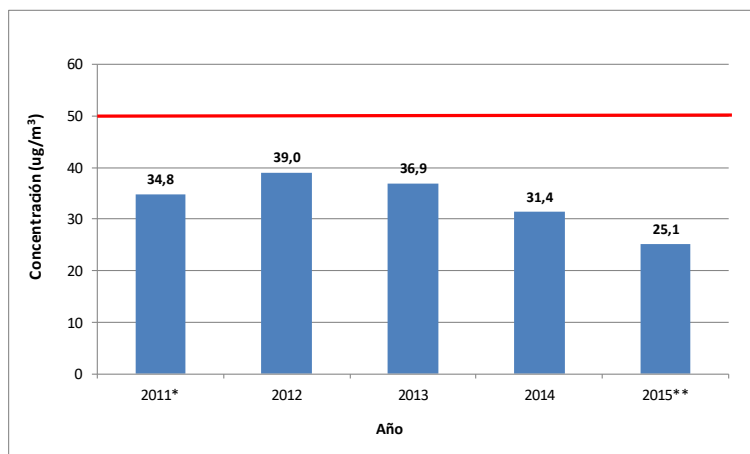
Figura 5-41. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

A diferencia del MP10, el MP2,5 ha presentado un descenso del percentil 98 de las concentraciones promedio diario. Para el año 2014, último año completo disponible, el valor del percentil 98 es de 31,4 µg/m³ lo que representa el 63% del valor normado.

Figura 5-42. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

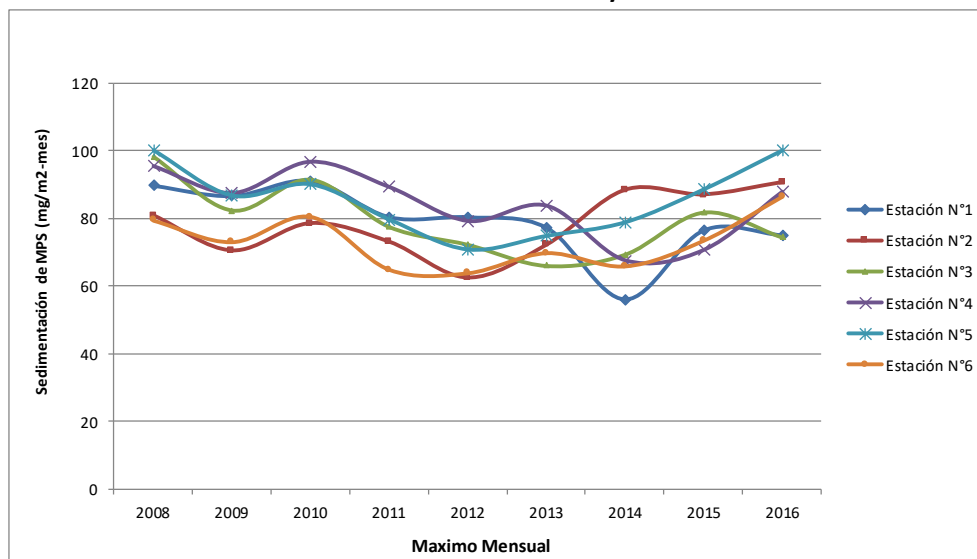
Fuente: Elaboración propia

Considerando la evolución y los registros de MP10 y MP2,5 en estación Población Huasco II, se observa un aumento de las concentraciones de MP10, donde para año 2014 se presentó un aumento de 12%, en tanto para los años 2015 y 2016 el aumento está en torno a un 6% de los valores registrados para el año 2013. Distinto escenario se observa en el MP2,5 el cual no presenta un aumento significativo, esto debido a que el preconcentrado trasladado presenta bajo contenido de partículas menores a 2,5 μm .

Línea de base fracción Gruesa

En Figura 5-43 se presenta la evolución de la tasa de sedimentación anual de MPS en las seis estaciones existentes en el valle, donde en general desde el año 2008 al año 2014, la deposición de MPS promedio anual disminuyó en el orden de un 20%. Luego desde el año 2014 a la fecha se ha presentado un aumento cercano al 20%, por lo que prácticamente se ha vuelto a los niveles de concentración del año 2008.

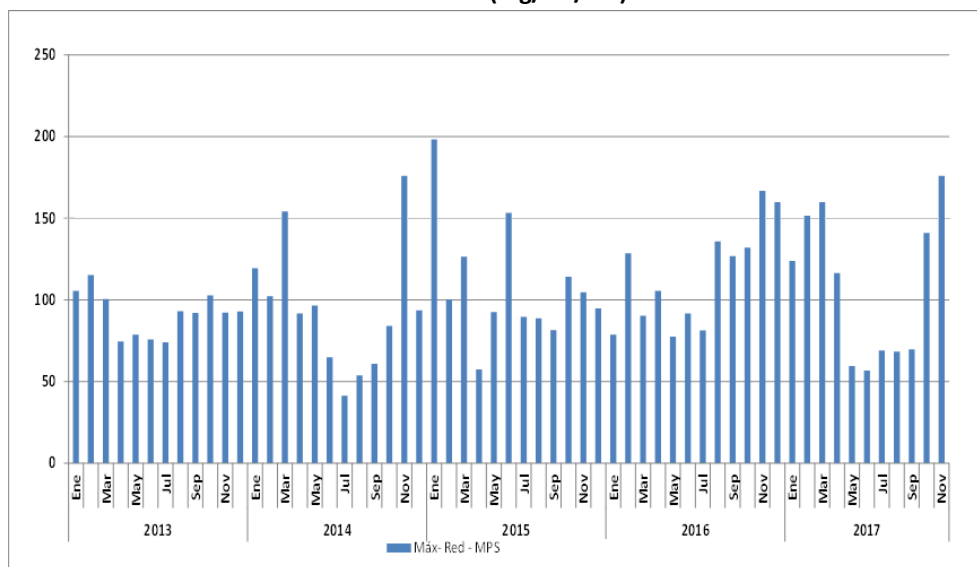
Figura 5-43. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones



2017*: Año sin Mes de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-44 se presentan las sedimentaciones máximas para los años 2013 a 2017, donde se puede observar un aumento de las a contar del año 2013.

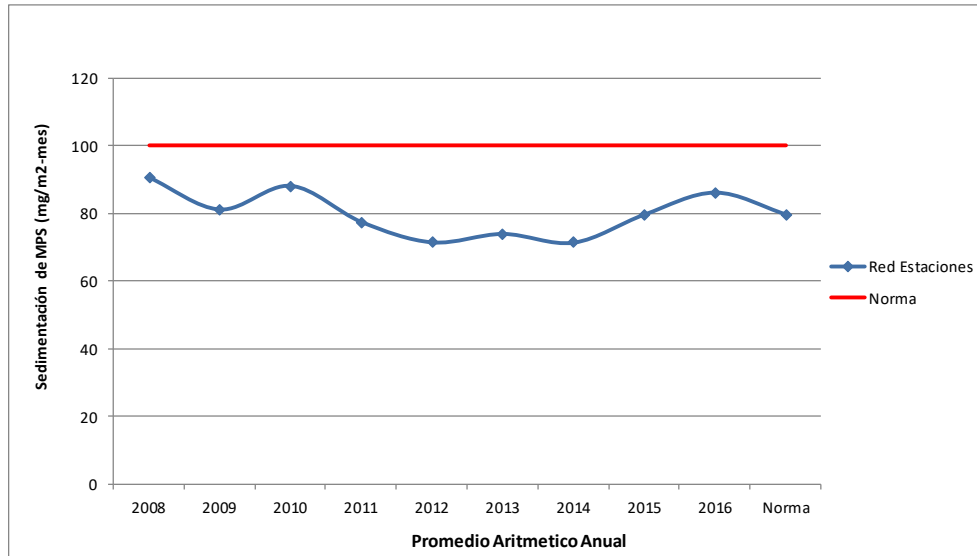
Figura 5-44. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m²/día)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al cumplimiento normativo en Figura 5-45, se presenta los promedios anuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que la norma anual no fue superada en el periodo de analizado.

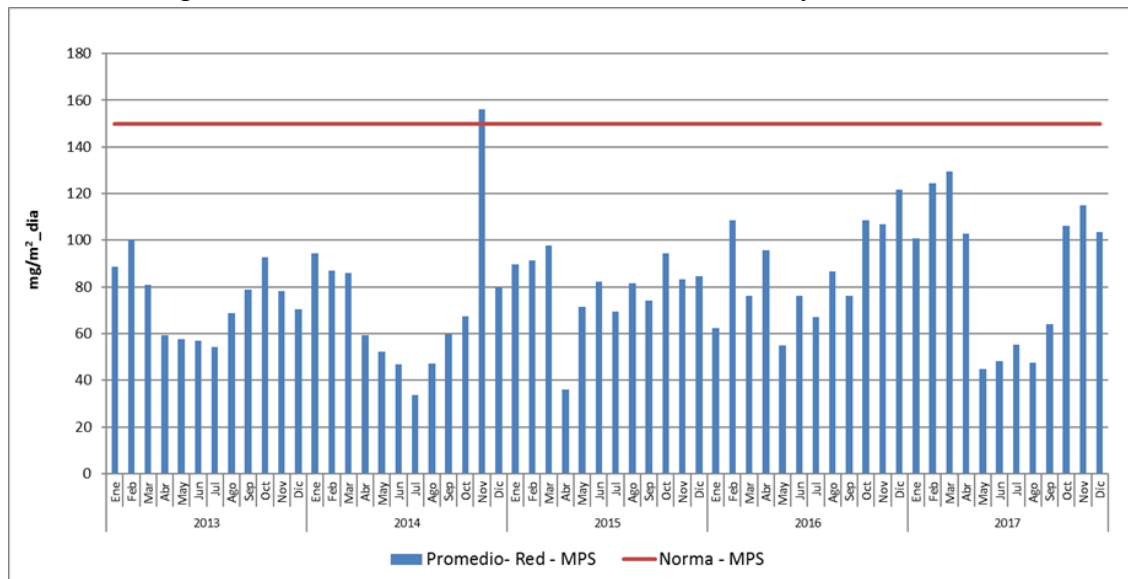
Figura 5-45. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al promedio mensual en Figura 5-46, se presentan los promedios mensuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que se presentó una superación de la norma en el mes de noviembre de 2014.

Figura 5-46. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los aportes obtenidos para material particulado respirable (MP10 y MP2,5) en los receptores más cercanos, producto de las emisiones adicionales estimadas, representan valores poco significativos respecto de las normas y más aún están dentro del rango de error de los equipos de monitoreo.

La línea base de calidad del aire muestra que no se registraron superaciones de norma en el periodo analizado, tanto para MP10 como para MP2,5. Para material particulado sedimentable (MPS), se observa una superación puntual de la norma mensual en el mes de noviembre del año 2014.

Las emisiones adicionales estimadas, generaron aportes de material particulado (MP10 y MP2,5) a la calidad del aire, con aportes máximos de 1,4% para el percentil 98 diario de MP10 y de 0,9% para el percentil 98 diario de MP2,5, para la estación Huasco II.

Respecto de los aportes en material particulado sedimentable, el máximo valor estimado representa el 2,8% de la norma mensual y el 2,2% de la norma anual, en el receptor MPS-1. La Norma D Ex N°4/92 tiene por objeto la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables en el valle del Río Huasco. De acuerdo con lo señalado en el Hecho N°2, donde se destaca que, según lo demostrado en investigaciones desarrolladas por la Universidad de Chile en la década del 90, en conjunto con el INIA, la situación deficiente de los huertos y consecuentemente su productividad, tenían como factores predominantes el riego, fertilización, malezas, poda y cosecha (Cooper et al. 2001). Sumado a lo anterior destaca que, si bien existieron superaciones de la norma de MPS, estas fueron en meses aislados durante el periodo, no presentando una condición de superación que exponga a una alta concentración de manera permanente a las áreas en donde es aplicable la Norma D Ex N°4/92.

Por lo anterior, las emisiones adicionales implican un aumento en el aporte a la calidad del aire y material particulado sedimentable, respecto de lo aprobado ambientalmente en la RCA N°215/2010 y RCA N°35/2001, los que se resumen a continuación, junto a las emisiones estimadas para cada hecho.

Tabla 5-50. Emisiones estimadas por hecho infraccional.

Hecho	Emisiones adicionales (toneladas/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
I	0,31	0,15	0,02
II	NE	NE	NE
III	3,12	1,55	0,24
IV	124,2	58,7	8,9
V	NE	NE	NE
VI	0,604	0,302	0,0453
VII	NE	NE	NE
Total	128,2	60,7	9,2

NE. Se estima que no fueron generadas emisiones adicionales por el hecho.

Tabla 5-51. Aportes a la calidad del aire estimadas por hechos infraccionales.

Estación de monitoreo	MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Promedio Anual (1)	Percentil 98 Diario (2)	Promedio Anual (3)	Percentil 98 Diario (4)
Población Huasco II	0,47	2,15	0,09	0,46
% respecto de norma	0,9%	1,4%	0,5%	0,9%

(1) Promedio anual MP10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

(2) Percentil 98 diario MP10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

(3) Promedio anual MP2,5 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

(4) Percentil 98 diario MP2,5 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

Tabla 5-52. Aportes en MPS estimado por hechos infraccionales.

Receptor	$\text{mg}/\text{m}^2/\text{día}$		% respecto norma (1)	
	MPS Anual	MPS Mensual	MPS Anual	MPS Mensual
MPS-1	0,21	0,39	2,20%	2,80%
MPS-2	0,26	0,3	0,20%	0,30%
MPS-3	0,19	0,52	0,30%	0,20%
MPS-4	0,24	0,34	0,20%	0,30%
MPS-5	0,17	0,46	0,20%	0,20%
MPS-6	0,3	0,33	0,20%	0,30%

(1) D Ex 4/1992

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N° 5 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto, “el aumento de emisiones y calidad del aire para MP10, MP2.5 y MPS, sin que esto implique superación de la norma para MP10 y MP2.5, mientras que para MPS, si bien se registra una superación puntual de norma, el aporte adicional no es significativo”.

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en

grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: "Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias"), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

En relación al **considerando 43 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica "Respecto al Hecho Infraccional N°5, cuyo cargo consiste en no haberse implementado todas las medidas para evitar emisiones fugitivas de material en la Planta de Pellets, el Informe de Efectos 2 contiene la Tabla 5-40 cuyo objetivo es comparar las emisiones presentadas en el EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets" -para la Fase I- con las emisiones que presuponen una eficiencia nula de las pantallas perimetrales sobre la erosión eólica y en las pilas de acopio de pellets chip sector salvataje, determinando un delta correspondiente a las emisiones de MP30, MP10 y MP2,5 que se han producido como consecuencia de la infracción. Se observa que los valores contenidos en dicha tabla aumentaron respecto de aquellos establecidos en su antecesora, la Tabla 5-22 del primer Informe de Efectos presentada por CMP, reconociéndose un mayor aporte en calidad del aire a consecuencia de las emisiones adicionales estimadas y por ende volumen de emisiones a compensar. Asimismo, la Tabla 5-41 exhibe las emisiones presentadas en el EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets" -para la Fase I-, que considera medidas de control con eficiencia de 50%, por la eficiencia combinada de pantallas perimetrales y humectación de pilas y las compara con las emisiones producidas por erosión eólica asumiendo una nula eficiencia de la medida de humectación, La diferencia entre los valores de ambas emisiones, calculado respecto de cada conjunto de pilas de material o mineral, se determina mediante un delta correspondiente a las emisiones de MP30, MP10 y MP2,5 que se han producido como consecuencia de la infracción. Nuevamente, se observa que todos los valores de esta tabla han aumentado respecto de la Tabla 5-23 del primer Informe de Efectos presentado, asumiéndose un mayor aporte en calidad del aire por dichas emisiones y, en consecuencia, un volumen superior de emisiones que deben ser compensadas."

Se aclara que existió un error en la Tabla 5-40 de la anterior versión del informe de efectos, debido a que las emisiones del EIA presentadas se encontraban en unidades de kg/día, y no toneladas/año. La Tabla 5-40 del presente informe de efectos presenta la información corregida, con todas las emisiones expresadas en toneladas/año.

En relación al **considerando 44 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica "Ahora bien, no obstante que las Tablas 5-40 y 5-41, reconocen un mayor aporte de emisiones de MP30, MP10 y MP2,5, la Tabla 5-47 -que sintetiza los aportes de calidad del aire producto de las emisiones estimadas, respecto al Hecho Infraccional N°5-, mantiene idénticos valores que los de la Tabla 5-29 del primer Informe que sintetizaba -entre otros- los aportes de las Tabla 5-40 y 5-41 que, como ya se sostuvo, reconocen un mayor aporte en la calidad del aire. Al respecto, se solicita ajustar, actualizar o adecuar la Tabla 5-47 considerando las variaciones expresadas en la Tabla 5-40 y 5-41."

Se aclara que, si bien existió un error en la transcripción de las emisiones, presentadas en la Tabla 5-40 y Tabla 5-41 de la versión anterior del Informe de Efectos y Tabla 5-42 y Tabla 5-43 Informe de Efectos Actualizado, lo cual fue corregido y su aporte en la calidad del aire, es presentado en las Tabla 5-47, Tabla 5-48 del informe actual y no sufren modificaciones en el presente informe de efectos.

En relación con el **considerando 45 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “Sin perjuicio de lo expuesto, la Tabla 5-41 es errónea en relación con la estimación de emisiones en un escenario de reducción de la eficiencia de las medidas a un 25%. El ajuste a la emisión es menor para las pilas de Pellet Producto, Pellet Feed, Pellet Producto o Chips, Sinter Feed, Pellet Chips y Carbón, una vez que disminuye la eficiencia de la medida, lo cual es contradictorio, dado que se esperaría un aumento de la emisión de un 50%.”

Respecto de la Tabla 5-41, (Tabla 5-42 del informe actual), esta presenta un error debido a que la unidad correcta de las emisiones indicadas para el EIA Fase I es kg/día, y no toneladas/año. Adicionalmente, en la misma tabla, se detectó un error en la transcripción de algunos de los valores estimados para estas fuentes considerando una eficiencia de medidas de control total de 25%. La Tabla 5-42 del presente informe de efectos se actualiza con todas las emisiones expresadas en toneladas/año, confirmándose una reducción de eficiencia de las medidas de control respecto de lo señalado en el EIA en su Fase I.

5.2.4 HECHO 14:

El efluente líquido derivado del proceso de la Planta de Pellets, y que contiene relaves, ha sido descargado al mar bajo las siguientes condiciones:

- a) *Con un porcentaje de sólidos inferiores a 50%; y*
- b) *Por un caudal superior al que fue aprobado ambientalmente correspondiente a 4.700 m³/día, según consta en Tabla N° 7 del Cap. V de la Formulación de Cargos.*

5.2.4.1 Descripción del Hecho

El proceso de espesamiento de relaves en Planta de Pellets cuenta con dos equipos para dicha función. El espesador 1 funciona desde 1978 mientras el espesador 3 lo hace desde 2013. Por lo anterior, las tecnologías de operación y sus especificaciones técnicas son distintas, así mientras el espesador 1 en la actualidad puede manejar 3600 ton/día a un porcentaje de sólidos de 42-48%, el espesador 3 tiene la posibilidad de manejar 4800 ton/día con un máximo de 55% de sólidos. Estas condiciones son bajo régimen de descarga. Por otra parte, cabe señalar que, los relaves provenientes desde las etapas de concentración de los molinos 1 y 2 pueden ser enviadas solo al espesador 1, mientras que las etapas de concentración del molino 4 solo puede ser envía al espesador 4. El molino 3 tiene flexibilidad de enviarse a uno u otro espesador. Esta condición operacional ocasionó que se hayan descargado relaves al mar bajo las condiciones infraccionadas, es decir descargas puntuales que superaron los 4.700 m³ como promedio anual de efluente líquido y con un contenido de sólidos inferior al 50%.

5.2.4.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°14, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 215/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 4.2.1 Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes. Letra k). Espesador de Colas y Emisario Submarino:** (...) Con el objetivo de maximizar la recuperación de aguas en el espesador, la pulpa descargada al mar desde el espesador se hace con un porcentaje de sólidos de 50%. Cuando las condiciones operacionales hacen que este porcentaje baje, la impulsión al mar se detiene y la descarga del espesador se recircula al mismo, hasta alcanzar un porcentaje de sólidos que esté dentro del rango (50% de sólidos).
- **Considerando 4.4.2.1 Efluente Minero o Relave:** (...) El titular señala durante este proceso de evaluación que, la capacidad del sector marino para recepcionar las descargas, al no verse éstas modificadas por el proyecto respecto de lo ya autorizado por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, no formaría parte del procedimiento de evaluación ambiental. Asimismo, el titular señala que las descargas se circunscribirán estrictamente a lo evaluado y aprobado ambientalmente en el año 2001. En consecuencia, el sistema de disposición de relaves no forma parte integrante del proyecto que se somete a evaluación (...)
- **ICE II.1 Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes:** “Actualmente se descargan relaves a través del emisario a razón de 105.000 t/mes, asociado a un caudal líquido de 4.700 m³/día”
- **ICE II.4.1 Operación Durante la Fase 1:** “(...) se ha tomado la decisión de ejecutar este proyecto circunscribiéndose estrictamente a lo evaluado y aprobado ambientalmente en el año 2001, esto es, 5.000 toneladas por día en promedio anual. Ello, sin perjuicio de que el titular estima que la autorización de la Autoridad Marítima del año 2002, de 6.264 toneladas día, es totalmente válida y no puede ser desconocida. En tales condiciones, no se va a utilizar este aumento mientras ello no sea aprobado en el marco del SEIA”
- **D.G.T.M. y M.M Ordinario N° 12.600/218/VRS,** de 1 de febrero de 2002, Considerando 1.- a): “La Empresa Compañía Minera del Pacífico dará estricto cumplimiento a la descarga de aguas de jurisdicción nacional de los siguientes parámetros de sus efluentes mineros: Caudal promedio de evacuación al mar: 4.050 m³/día; Caudal máximo de evacuación al mar: 3.742.000 m³/año; Condición diaria de evacuación: Continua”.

Asimismo, se estima infringido el siguiente considerando de la RCA 35/2001:

- **Considerando 5.4 Residuos Líquidos Industriales:** “(...) El efluente descargado con la implementación del proyecto no sobrepasará la descarga máxima con la cual fue evaluado el emisario submarino por la autoridad marítima (1994), para las descargas del actual proceso de la Planta”.

A continuación, se analizará la normativa listada sobre la descarga de relaves a la Bahía Chapaco.

Según se consigna en la RCA 215/2010, en la “Descripción de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes” la descarga sólo se describió como una parte, acción u obra existente, pero no se evaluó ambientalmente en dicha oportunidad. Luego de una larga discusión respecto de la necesidad de evaluar la descarga submarina de relaves, el titular indicó en la adenda N°3 lo que quedó consignado en el ICE del mismo procedimiento (Cap. II.4.1): “se ha tomado la decisión (el titular) de ejecutar este proyecto **circunscribiéndose estrictamente a lo evaluado y aprobado ambientalmente en el año 2001**, esto es, **5.000 toneladas por día** en promedio anual.

De ese modo, retrotrayéndose el procedimiento de evaluación ambiental de la Declaración de Impacto Ambiental “**Mejoramiento Tecnológico para la Producción de Concentrados de Minerales de Hierro**” es posible observar lo siguiente:

- 1) En el año 2001, en el ICSARA N°1 de la se realizó la siguiente observación: “**1.4: Es fundamental conocer el estudio para la instalación del Sistema de Depósito de Efluentes vía Emisario Submarino, aprobado y autorizado por la DGTM y MM**, así como las medidas de protección ambiental establecidas en este estudio y que el titular indica estar cumpliendo, como así también el Plan de Vigilancia ya que estas deberían considerar la operación del proyecto con sus respectivas modificaciones”.

En su respuesta, CAP Minería adjuntó en el **Anexo IV de la Adenda**, el documento “**Estudio Oceanográfico y Selección de Sitio de Descarga en Ensenada Chapaco**”, preparado por la empresa RESCAN Consultants Inc. de Vancouver, Canadá, aprobado por la DIM y MAA de la Armada de Chile mediante Oficio Ordinario N°12.600/550 del 11 de agosto de 1993. Además, en el **Anexo V de la Adenda**, se adjuntó el Plan de Vigilancia Ambiental vigente, del depósito submarino de colas de proceso de la Planta de Pellets de Compañía Minera del Pacífico S.A. en Huasco, preparado por la Universidad Católica del Norte y aprobado por la DIM y MAA mediante Oficio Ordinario N°12.600/908/CMP del 23 de septiembre de 1994.

Los criterios de diseño de RESCAN fueron los siguientes:

Characteristic	• Units	• Minimun	• Maximun
Solid discharge	• TPD	• 2830	• 5000
Solid concentration	• % wt	• 40	• 55
Solid density	• kg/m³	• 2700	• 3000

Fuente: RESCAN. Submarine Tailings Disposal System Design. 1993

De todas las cifras que se presentan más adelante surgen los valores del estudio presentado en el anexo IV de la referida Adenda.

- 2) En la misma DIA se aclaró que “La instalación del Emisario Submarino fue autorizada por la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIM y MAA) en el marco del Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental en el Ecosistema Marino Costero”, agregando que dicha instalación “fue autorizada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DGTM y MM) en Oficio Ordinario N° 12.600/2560 CMP del 30 de octubre de 1992. Esta autorización estableció la necesidad de realizar la caracterización ecológica o estudio de línea base de Ensenada Chapaco, antes de iniciar la operación del sistema”.

Posteriormente se señala: *“Cumplidos los requerimientos anteriores, la DIM y MA de la Armada de Chile aprobó definitivamente el Sistema de Disposición Submarina de Residuos Mineros en Oficio Ordinario N° 12.600/550 del 11 de agosto de 1993. El emisario submarino se encuentra en operación desde junio de 1994. En septiembre del mismo año, la DGTM y MM aprobó el diseño del Programa de Vigilancia Ambiental”.*

Y por último se indica: *“Las condiciones de diseño del emisario consideraron una descarga de 5.000 toneladas/día de sólidos, lo que implica la depositación máxima de 1.650 kt/año en el fondo marino de la Ensenada Chapaco con un caudal de 2.115.385 m³/año. Respecto de los sólidos, el efluente de Planta de Pellets actual es de 990 kt/año. Con la puesta en marcha del proyecto, se considera una descarga total de 1.135 kt/año, lo que está un 31% debajo de la descarga máxima con la cual fue evaluado el impacto ambiental del emisario”.*

- 3) Lo mismo fue recogido en el ICE del mismo proyecto, donde en el Capítulo 3 “**Síntesis de la Evaluación de Impacto Ambiental**”, específicamente en el acápite c) Residuos del Proyecto, Residuos líquidos industriales, se señala lo siguiente: ***“Las condiciones iniciales de diseño del emisario consideraron una descarga máxima de 1.650 kt/año en el fondo marino de ensenada Chapaco con un caudal de 2.115.385 m³/año”.***
- 4) Tanto es así que en la Adenda N°1, específicamente en relación con la Observación 1.3, donde se observa que, respecto de la aseveración del titular en cuanto a que “la composición de la nueva cola varía marginalmente” con el proyecto, se objeta que *“no se entrega la composición de las colas, cuáles son las características físicoquímicas de las descargas y en base a que se afirma que la variación es marginal”.* Al respecto CAP Minería respondió que: “El efluente del proceso de Planta de Pellets está compuesto por dos fases:
- a) **Una fase líquida constituida por el agua que actúa como vehículo de transporte de los sólidos.**
 - b) **Una fase sólida constituida por los residuos mineros inertes”.** (extracto parcial de la repuesta).

5.2.4.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

A continuación, se identifican los objetivos ambientales relacionados con la regulación de la descarga de relave a Chapaco:

- Prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores
 - Proteger la alteración en la calidad del agua a través del cumplimiento del D.S.90/2000.
 - Eliminar y prevenir de forma activa cualquier evento de turbidez en la Bahía

5.2.4.4 Análisis de los potenciales efectos ambientales

Con relación a la alteración de la calidad del agua de mar, periódicamente CMP monitorea y da cumplimiento a las condiciones establecidas para la descarga de relaves, las cuales han sido definidas en los Ordinarios emitidos por la Gobernación Marítima, en el proceso de evaluación ambiental del Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en la Planta de Pellets”¹⁹, aprobado ambientalmente por RCA N° 215/2010. Las mediciones se realizan por balance de masa y a través de promedios ponderados de la pulpa a la salida de los espesadores 1 y 3, siendo sus resultados reportados a la SMA.

Se evaluaron los potenciales efectos a consecuencia del mayor volumen de descarga y su menor porcentaje de sólidos a través de distintas aproximaciones:

- **Efectos sobre la turbidez superficial de Ensenada Chapaco:** se han definido dos aproximaciones para analizar el efecto de las características de la descarga sobre la turbidez, una relacionada con la calificación visual reportada en los PVAs y una segunda a través de un modelo simplificado de transporte de relave. La calificación visual de la turbidez ha sido utilizada por estar históricamente asociado a la descarga de relaves en la ensenada y por ser un parámetro del cual se tienen registros diarios a partir del año 1997, debido a que forma parte de las mediciones realizadas en el Plan de vigilancia Ambiental (PVA) aprobado por la Autoridad Marítima (Ord DIM y MAA N° 12.600/908/CMP del 23.09.1994), el cual se mantiene vigente hasta la actualidad y se informa a la autoridad. La estimación de este parámetro se realiza de acuerdo con un estricto protocolo de observación diaria que considera la evaluación de la coloración de las aguas en dos puntos fijos que involucran distintos ángulos de observación ubicados frente a la boca y en el costado norte de la ensenada. Las observaciones son realizadas por personal calificado de CAP Minería y enviadas mensualmente a la Universidad Católica del Norte (UCN), emitiéndose mensualmente un informe a las entidades medioambientales. Con esta información se realiza el análisis dirigido a verificar si en los días con superación del caudal diario de descarga, con un porcentaje de sólidos menor al 50%, se confirma la presencia de turbidez superficial en E. Chapaco (Tabla 5-53). La segunda aproximación se realiza a través de los resultados de un modelo de Bosque Aleatorio (Random Forest) que describe el transporte de relaves dentro de la bahía de Chapaco generado a

¹⁹ http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=3662673.

partir de la información histórica de batimetrías con que cuenta CMP, a partir de la cual la empresa especializada PRDW construye un modelo conceptual del transporte de sedimentos y patrones de acreción y erosión al interior de la bahía²⁰. Este modelo utilizado para determinar las posibles nuevas zonas de depósito para el resto de la vida útil de la planta, entrega información que permite estimar los patrones de acreción y erosión del mineral en el fondo marino. Las condiciones oceanográficas modeladas se seleccionaron a partir del análisis realizado en el informe de condiciones naturales (PRDW, 2017b), condiciones que corresponden a eventos extremos. Las corrientes, todas con dirección sur, se eligieron a partir de un informe realizado por el Danish Hydraulic Institute (DHI), dónde se estudió la erosión del cono de acumulación de sedimentos producto de la descarga (DHI, 2013)²¹. Todos los escenarios fueron modelados con viento constante de 8.0 m/s incidiendo desde el sur y en combinaciones de condiciones oceanográficas que recogen la variabilidad observada del área.

- **Efectos sobre la calidad química del agua de mar:** Para validar los efectos (o falta de ellos) atribuible a la operación de la descarga sobre la calidad de agua de mar de Ensenada Chapaco en el periodo de infracción, se utilizaron dos aproximaciones metodológicas: en la primera se presentan las concentraciones de elementos trazas (ET) en la columna de agua entre los años 2011 (información disponible más cercana al inicio del período infraccional) y 2017. Para el año 2011 se utilizaron los datos contenidos en la línea de base del “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Actualización del Sistema de Depositación de Relaves de Planta de Pellets”²² sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el año 2013, mientras que para el año 2017 se ocuparon los datos de la línea de base de la Declaración de Impacto Ambiental, que se presentará próximamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En ambos casos se presentan datos de la columna de agua de las localidades de Cabo Norte, Huasco, Ensenada Chapaco, Playa Brava y Punta Lachos para las campañas de invierno y primavera-verano. La segunda aproximación presenta la comparación de los valores de elementos traza en la columna de agua de tres localidades ubicadas en la III Región de Atacama, Caldera, Ensenada Chapaco y una localidad de la IV Región, Coquimbo²³, para muestras tomadas entre junio y noviembre del año 2017. No se realizaron comparaciones estadísticas entre años debido a las diferencias en los valores de detección mínimos entre los años 2011 y 2017, principalmente como consecuencia del uso de instrumentos de análisis químico que han incrementado la sensibilidad en los métodos analíticos empleados para informar las concentraciones de ET en las muestras de agua entre estos años

²⁰ PRDW. Análisis Geoespacial de Mediciones y Redireccionamiento de Descarga. Ingeniería Conceptual. C2124-2-RP-CE-001-B. 16 de mayo 2018. [Se agregan comentarios que responden las consultas de SMA de PRDW, noviembre 2018.](#)

²¹ http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=8283652. Documento presentado en EIA como Anexo 1.1. Traducción Libre de Documento “Numerical Modelling Tailing Discharge” Elaborado por el Danish Hydraulic Institute, DHI, octubre 2012.

²² Anexos 2.29 y 2.30 de Línea Base Marina Biológica y Química de Invierno y verano presentado en EIA. http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=8283652

²³ Selección de lugares poblados similares a Huasco, donde hubieran existido actividades mineras históricas, fondo marino con presencia de fango.

(2011 y 2017). Debido a la ausencia de normativa chilena con relación a la presencia de estos elementos en matrices marinas, como benchmarking, se realizaron comparaciones con los valores referenciales impuestos por la guía de Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, 2000)²⁴, la cual contiene valores límites de referencia para la calidad de aguas marinas. Esta guía fue seleccionada como punto de comparación debido a que incluye una estimación de la concentración de químicos que no deberían tener efectos adversos sobre el ecosistema marino, y se basa principalmente en el porcentaje de especies a proteger (99, 95, 90 y 80%). En nuestro caso, se evaluó un nivel de protección de especies del 95 %.

La obtención de muestras se realizó mediante una roseta Seabird, con seis botellas oceanográficas Niskin de 5L de capacidad. Cada botella fue lavada entre estaciones con detergente libre de metales y agua destilada para eliminar los iones presentes en ésta y evitar contaminación cruzada de muestras. La recolección de muestras fue realizada utilizando los estándares internacionales más altos de calidad en el proceso de análisis de los elementos traza (ET) a determinar. Los análisis de los ET fueron realizados en Canadá, por el laboratorio Maxxam Analytics, laboratorio que cuenta con certificación ISO/IEC 17025:2005 con registro en la Canadian Association for Laboratory Accreditation Inc. (CALA) y con acreditación matriz específica para los análisis realizados. Los análisis fueron realizados mediante Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICPMS) y para el mercurio se empleó vapor frío y lectura por espectrometría de fluorescencia atómica (CVAFS “Cold Vapor Atomic Absorption fluorescence spectrometry”), métodos que permiten bajos límites de detección para la mayoría de los elementos.

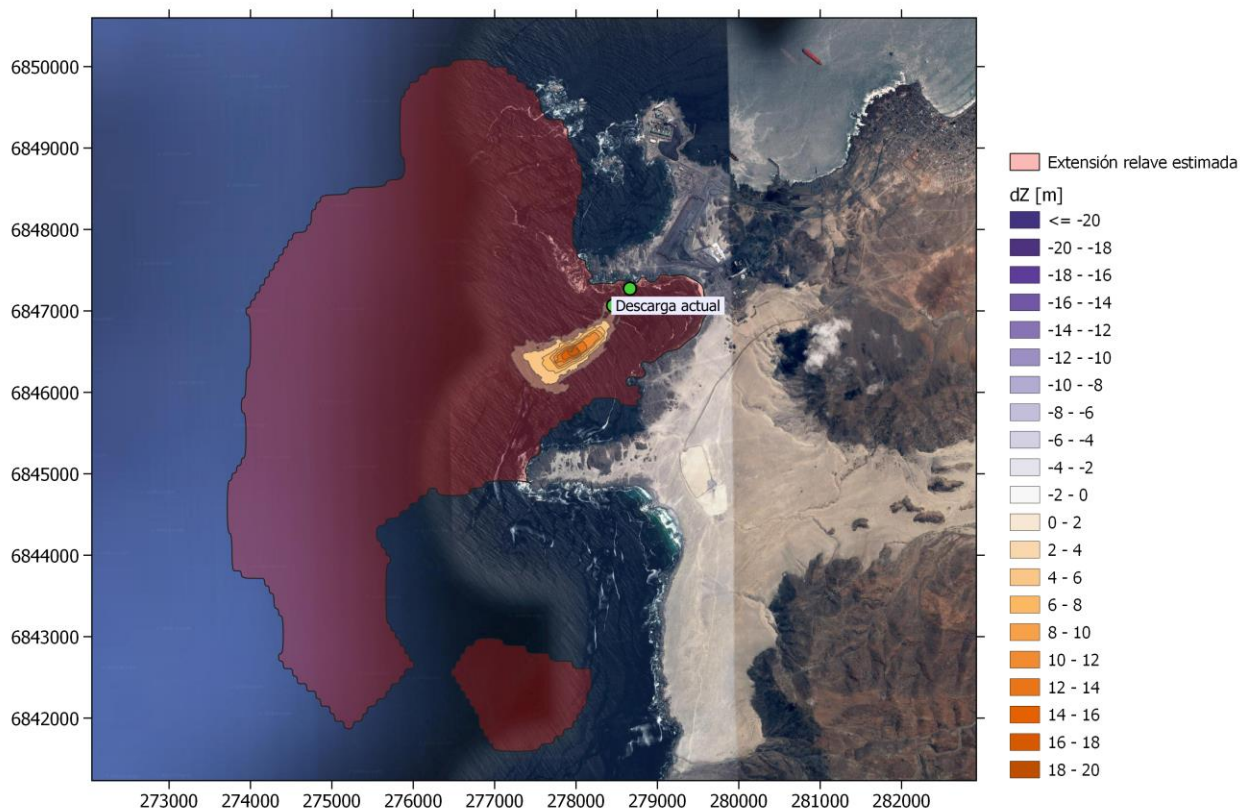
En cada muestra se determinaron las concentraciones de los elementos traza (ET) monitoreados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), a través del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), entidad que anualmente monitorea la calidad de la matriz de agua de los cuerpos de agua de gobernación marítima en las distintas regiones y por aquellos elementos normados por la guía de Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, 2000). Por lo anterior, los elementos utilizados en las comparaciones entre el periodo de infracción corresponden a: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plata (Ag), Vanadio (V) y Zinc (Zn). Son escasas las normativas y monitoreos de calidad de agua que incluyan al hierro en sus guías de referencia, como es el caso del POAL y la guía australiana y neozelandesa, de igual forma y debido a que los efectos aquí evaluados tienen relación con una planta pelletizadora de hierro, la concentración de este elemento fue incluida en las comparaciones entre años y localidades.

²⁴ RSEIA art 11: las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos a evaluar Serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente.

- Efectos sobre la geomorfología del fondo marino por depositación del relave:** CMP cuenta con información histórica de batimetrías realizadas los años 2011 y 2012 (entre otras), adicionalmente, durante junio de 2017 se realizó un nuevo levantamiento, de mayor resolución y alcance, de la batimetría en la bahía por parte de la empresa Skyring, que permitió conocer las condiciones actuales, información que en conjunto permite conocer los efectos del mayor caudal diario de descarga y el menor porcentaje de sólidos de ésta sobre la geomorfología del fondo marino para el periodo de infracción imputado. Específicamente con esta información es posible evaluar los cambios morfológicos que han ocurrido en la bahía en este periodo de tiempo, y generar un modelo conceptual del transporte de sedimentos y patrones de acreción y erosión al interior de la bahía. Este modelo es clave para determinar las posibles nuevas zonas de depósito para el resto de la vida útil de la planta. A pesar de que las zonas levantadas por ambas batimetrías no son exactamente las mismas, la información contenida en cada una de estas puede ser interpolada sobre una misma grilla regular, que permite comparar y estimar los patrones de acreción y erosión del mineral en el fondo marino. El efecto sobre la geomorfología del fondo marino también se confirma mediante el estudio realizado por PRDW Consulting Port and Coastal Engineers (2018)²⁵ orientado a determinar la presencia/ausencia y el espesor del relave depositado en el fondo marino realizado el 2018. Este estudio se realizó a partir del muestreo de los sedimentos marinos mediante el uso de gravity corer, que entrega muestras intactas del tipo sedimento en fondo y con ello, información acerca del espesor de la capa relaves cuando esta está presente. Con ello se generó una base de datos espaciales donde se registró y georreferenció la presencia o ausencia de material de relave en el fondo marino de ensenada Chapaco. Con esta información, fue posible estimar el área de depositación actual de los relaves producto de la operación de la Planta de Pellets de CMP. En el referido estudio, además, se presenta información respecto al comportamiento futuro de la depositación de relaves para esta localidad (PRDW, 2017d)²⁶.
- En la siguiente figura se ve el principal resultado del referido estudio donde, en rojo se representa el footprint (1978-2018) y en tonos de amarillo se representa lo que sería ocupado por relave en los próximos 5 años.

²⁵ Ver Anexo 6 Se actualiza el Informe sobre la geomorfología del fondo marino ensenada Chapaco 2018, con la información entregada en la DIA de Cese de la Descarga que cuenta con mayores análisis sobre el tema. En la actualización de dicho informe por PRDW se entrega respuesta a las observaciones de SMA en la Resolución N°13

²⁶ Idem anterior.



Fuente: PRDW 2018

Relación entre el aumento del caudal de descarga y el menor porcentaje de sólidos con la turbidez superficial de las aguas de Ensenada Chapaco

a) Turbidez diaria informada en el PVA

A continuación, se presentan los resultados que confirman los periodos de incumplimiento de las condiciones de descarga dado por el menor porcentaje de sólidos en la mezcla, por el aumento del caudal de fase líquida (4.700 m³/día), y su incidencia sobre la presencia o ausencia de la turbidez superficial en la columna de agua para el periodo de infracción comprendido entre los años 2013-2017.

Dónde:

Caudal total diario registrado: Promedio ponderado del caudal de los espesadores 1 y 3, después del estanque de desaireación y mezcla.

% sólidos: Promedio de la medición con densímetro en la salida de los espesadores.

Tabla 5-53. Caudal total diario de relave, porcentaje de solidos registrado y presencia (Sí) o ausencia (NO) de turbidez en el periodo de infracción 2013-2017

Periodo monitoreado		Caudal Total Diario (m³/d)	% Sólidos p/p	Presencia Turbidez
14-01-2013	15-01-2013	5.674	38	No
26-03-2013	27-03-2013	5.800	26	No
28-04-2013	29-04-2013	5381	38	No
08-05-2013	09-05-2013	5.650	41	No
23-06-2013	24-06-2013	5.789	30	No
24-07-2013	25-07-2013	5.638	38	Sí
26-08-2013	27-08-2013	5.792	36	Sí
29-09-2013	30-09-2013	5.497	37	Sí
06-10-2013	07-10-2013	5.902	37	No
27-11-2013	28-11-2013	5.040	44	No
10-12-2013	11-12-2013	5.359	40	No
15-01-2014	16-01-2014	6.350	48	No
12-02-2014	13-02-2014	6.350	42	No
27-03-2014	28-03-2014	5327	48	No
07-04-2014	08-04-2014	5.714	45	No
12-05-2014	13-05-2014	5.381	46	No
23-06-2014	24-06-2014	5.521	43	No
07-07-2014	08-07-2014	6.142	44	No
19-08-2014	20-08-2014	5.162	41	No
21-10-2014	22-10-2014	4.689	43	No
23-11-2014	24-11-2014	5.198	46	No
16-12-2014	17-12-2014	4.904	45	No
01-02-2015	02-02-2015	5.588	47	No
23-02-2015	24-02-2015	4.947	53	No
30-03-2015	01-03-2015	4.853	47	No
03-05-2015	04-05-2015	5.918	420	No
25-05-2015	26-05-2015	5.019	410	No
29-06-2015	30-06-2015	4.757	40	No
27-07-2015	28-07-2015	4.582	47	No
24-08-2015	25-08-2015	4.807	45	No
21-09-2015	22-09-2015	4.997	42	No
30-11-2015	01-12-2015	5.487	68	No
08-12-2015	09-12-2015	8.578	46	No
27-01-2016	28-01-2016	5.129	43	No
28-02-2016	29-02-2016	4.893	48	No
22-03-2016	23-03-2016	7.587	48	No
25-04-2016	26-04-2016	7.723	41	No
03-05-2016	04-05-2016	6.469	48	No
13-06-2016	14-06-2016	5.422	41	No

Periodo monitoreado		Caudal Total Diario (m³/d)	% Sólidos p/p	Presencia Turbidez
16-08-2016	17-08-2016	6.775	46	No
06-09-2016	07-09-2016	9.506	43	No
25-10-2016	26-10-2016	8.551	46	No
27-11-2016	28-11-2016	8.665	48	No
27-12-2016	28-12-2016	6.098	41	No
16-01-2017	17-01-2017	9.278	46	No
12-02-2017	13-02-2017	8.850	43	No
20-03-2017	21-03-2017	8.413	43	No
16-04-2017	17-04-2017	6.250	49	No
08-05-2017	09-05-2017	9.058	40	No
28-06-2017	29-06-2017	5.653	35	No
23-07-2017	24-07-2017	7.685	43	No

En la tabla mensual es posible observar todos los periodos de incumplimiento de la descarga del efluente total diario entre los años 2013 y 2017. Para este periodo se observa que el porcentaje de sólidos ($\geq 50\%$) fue incumplido durante todo el período analizado, en todos los casos con valores por debajo del valor autorizado.

Conclusiones

No obstante existen incumplimientos a los límites máximos permitidos, del análisis de los reportes diarios de turbidez es posible detectar que en los días reportados en el hecho infraccional, sólo se evidenciaron 3 eventos de turbidez superficial en la columna de agua de E. Chapaco, específicamente los periodos: 24-25 julio 2013, 26-27 agosto 2013 y 29-30 septiembre 2013, días que no representan las condiciones más extremas de las variables infraccionadas, es decir estos días no corresponden a los días con el mayor caudal descargado ni aquellos con el menor porcentaje de sólidos. Los resultados además indican, que independiente del caudal diario descargado y de su porcentaje de sólidos, a partir del 30 de septiembre del año 2013 no se evidencian eventos de turbidez en la zona hasta la fecha.

b) Modelo de Bosque Aleatorio para analizar el transporte de relaves dentro de la bahía de Chapaco

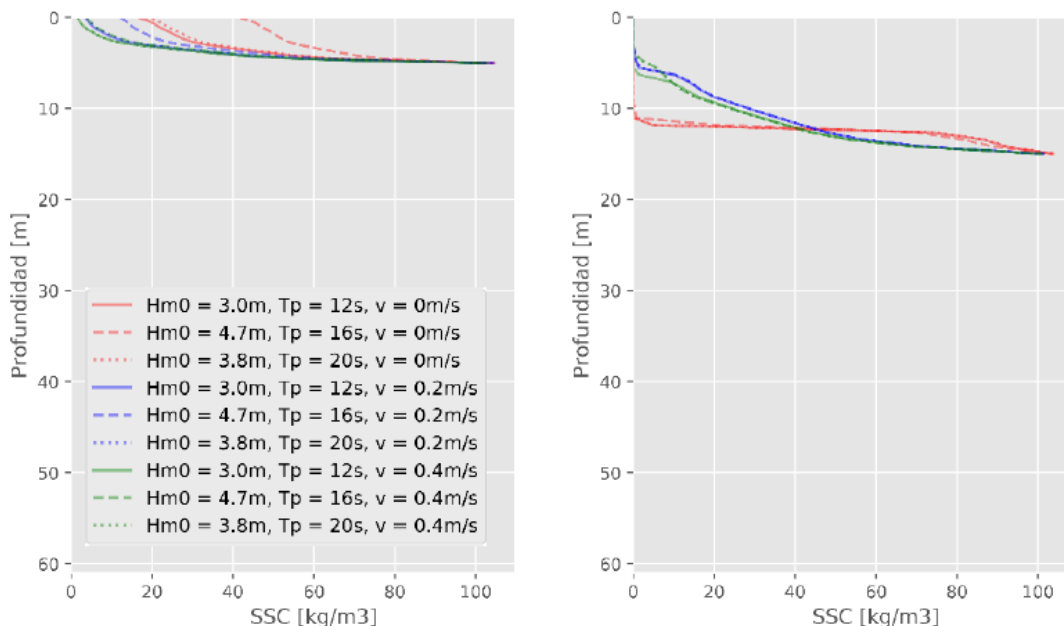
Los resultados se analizaron graficando un perfil vertical de la concentración de sólidos suspendidos en el punto medio del dominio. El objetivo fue determinar la mínima profundidad a la cual el sedimento alcanza la superficie (eventos de turbidez), para cualquiera de las condiciones oceanográficas modeladas, que corresponden a escenarios más conservadores (simulación de eventos extremos).

En la Figura 5-47 se muestran los perfiles verticales obtenidos para profundidades de 5 y 15 m. Cuando la cota superior del depósito de sedimento se encuentra a 5 m (o menos) de la superficie libre, es esperable

tener eventos de turbidez en la bahía ya que la concentración de sólidos suspendidos en la superficie libre puede alcanzar 40 Kg/m³.

En el panel derecho de la Figura 5-47 se observa que el oleaje y las corrientes modeladas (casos extremos) no son capaces de poner en suspensión el mineral de hierro de tal forma que alcance la superficie. Dado lo anterior, mientras más profunda sea la descarga, menor será la probabilidad de que se presenten eventos de turbidez en la bahía de Chapaco, lo cual se confirma a la profundidad actual del punto de descarga (35 m).

Figura 5-47. Perfil vertical de concentración de sólidos suspendidos, para distintas alturas de ola, a 5 m (izquierda) y 10 m de profundidad (derecha).



Conclusiones

Sobre la base de los resultados del modelo es posible concluir que el oleaje sólo es capaz de poner en suspensión finos que se encuentren a profundidades bajo la influencia de la altura de la ola, y por lo tanto solo generar eventos de turbidez, cuando los sedimentos se depositan a profundidades menores a ~15 m.

Por lo tanto, dada la ubicación de la actual descarga (a 35 m NRS) la probabilidad de generar eventos de turbidez es baja a nula, lo cual reafirma lo observado en el PVA y confirma que la descarga de relave en las condiciones informadas no ha generado efectos sobre la turbidez a partir del 2013 a la fecha.

Relación entre el aumento del caudal de descarga y el menor porcentaje de sólidos con los resultados de muestreos de la calidad química del agua de mar

a) Calidad química del agua de mar según normas de referencia

Los resultados de la campaña de invierno de 2011 y 2017 indican que la concentración de Cobre, Cobalto, Cromo, Plomo, Vanadio, Níquel y Zinc en el estrato superficial y de fondo de la columna de agua de E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Playa Brava y Punta Lachos), sobrepasan los valores normados por la guía de Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality). Las excedencias respecto de los límites máximos no son exclusivas de la E. Chapaco y también se observan en alguna de las localidades de referencia (Tabla 5-54). La concentración de hierro en muestras de superficie de la columna de agua de E. Chapaco en los años 2011 y 2017, no difiere con lo reportado en localidades de referencia no expuestas a la descarga permanente de relaves, específicamente en localidades ubicadas al sur de E. Chapaco (Punta Lachos o Playa Brava). Mientras en muestras de fondo, las concentraciones promedio de hierro no difieren de lo reportado en Punta Lachos y Huasco, que se explica porque los contenidos de hierro en la descarga son bajos, no superiores al 5% de la descarga total. (ver Tabla 5-54) (ver Tabla 3-4).

Un patrón similar fue el reportado en la campaña de primavera-verano, donde la concentración de Cobre, Plata, Cadmio, Cobalto Cromo, Plomo, Vanadio Níquel y Zinc en el estrato superficial y de fondo de la columna de agua de E. Chapaco y localidades de referencia, superaron los límites máximos establecidos por la guía australiana y neozelandesa, pero este fenómeno se observa también en las localidades de referencia, además, el patrón general indica una mayor concentración de estos elementos en el año 2017. (ver Tabla 5-55).

En ambas campañas, la concentración de Mercurio en el estrato de fondo de la columna de agua de la localidad de Huasco excede el límite máximo establecido por la guía australiana y neozelandesa, definido como aquella concentración con el potencial de causar efectos sobre los ecosistemas marinos (ver Tabla 5-54 y Tabla 5-55) Tabla 3-5). Al respecto cabe señalar que el mercurio no es un componente significativo del relave.

Tabla 5-54. Concentraciones de elementos traza en la columna de agua (µg/L) en invierno del año 2011 y 2017 para E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Playa Brava y Punta Lachos) en el año 2011 y 2017. Se indican las concentraciones promedio y desviaciones estándar. Muestras tomadas en superficie y fondo. En negrita aquellas concentraciones que sobrepasan el límite permitido por la ley de Australia y Nueva Zelanda. ND: indican los elementos no detectados instrumentalmente.

ESTACIÓN	AÑO	As	Cu	Fe	Hg	Ag	Cd	Co	Cr	Pb	V	Ni	Zn
SUPERFICIE	CABO NORTE	2011	1,95 ± 0,07	0	0	0	0	0	0	4,63 ± 6,54	0	0	0
		2017	1,8 ± 0,01	0,64 ± 0	0,65 ± 0	ND	401,5 ± 6,36	1,73 ± 0	0,18 ± 0	ND	ND	ND	7 ± 0
	HUASCO	2011	1,8 ± 0,14	2,5 ± 3,53	15 ± 21,21	0,03 ± 0,03	0,5 ± 0,70	2,5 ± 3,53	250 ± 353	25 ± 35,3	50 ± 70,7	10 ± 14,1	6 ± 1,41
		2017	1,77 ± 0,15	1,29 ± 0,417	18,3 ± 5,18	0,094 ± 0,050	0,069 ± 0	0,067 ± 0	ND	0,76 ± 0	1,795 ± 0,94	ND	1,98 ± 0,78
	ENSENADA CHAPACO	2011	6,87 ± 13,07	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 7,49E-18	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5,44 ± 1,15	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,99 ± 0,40	2,78 ± 3,56	0,56 ± 0,57	0,08 ± 0,12	389 ± 14,69	1,56 ± 1,23	0,41 ± 0,19	14 ± 2,82	ND	ND	12,82 ± 10,99
	PLAYA BRAVA	2011	2,05 ± 0,07	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5 ± 0	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,84 ± 0,14	ND	0,62 ± 0,33	ND	395,6 ± 13,67	36,5 ± 0	1,52 ± 1,57	34 ± 0	0,54 ± 0	ND	7,15 ± 0,49
	PUNTA LACHOS	2011	2 ± 0,14	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5 ± 0	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,86 ± 0,03	1,52 ± 1,00	1,16 ± 0,75	0,17 ± 0	382,7 ± 10,96	0,85 ± 0	0,67 ± 0	16,3 ± 0	ND	ND	20,2 ± 0
FONDO	CABO NORTE	2011	2 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2017	1,84 ± 0,06	ND	ND	ND	ND	0,52 ± 0,13	ND	ND	0,24 ± 0	ND	0,2 ± 0
	HUASCO	2011	2,05 ± 0,07	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5 ± 0	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,87 ± 0,17	3,15 ± 3,03	18 ± 0	0,13 ± 0,023	0,18 ± 0,09	0,15 ± 0,11	0,16 ± 0	0,94 ± 0,09	2,13 ± 0,84	ND	1,75 ± 0,47
	ENSENADA CHAPACO	2011	2,01 ± 0,16	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5,16 ± 0,41	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,86 ± 0,10	74,16 ± 163,2	16 ± 1	0,03 ± 0,02	0,1 ± 0	0,08 ± 0,01	0,13 ± 0	0,79 ± 0,13	9,42 ± 19,2	ND	0,63 ± 0,37
	PLAYA BRAVA	2011	2,1 ± 0,14	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5 ± 0	100 ± 0	20 ± 0
		2017	2,04 ± 0,14	ND	ND	ND	ND	0,096 ± 0,01	ND	ND	0,37 ± 0,01	ND	7,36 ± 1,43
	PUNTA LACHOS	2011	2,25 ± 0,07	5 ± 0	30 ± 0	0,05 ± 0	1 ± 0	5 ± 0	500 ± 0	50 ± 0	5 ± 0	100 ± 0	20 ± 0
		2017	1,76 ± 0,09	1,96 ± 1,33	20,67 ± 1,89	0,032 ± 0	0,074 ± 0	0,075 ± 0,01	ND	0,75 ± 0,11	0,74 ± 0,16	ND	22,52 ± 9,22

Tabla 5-55. Concentraciones de elementos traza en la columna de agua (µg/L) en primavera-verano del año 2011 y 2017 para E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Playa Brava y Punta Lachos) en el año 2011 y 2017. Se indican las concentraciones promedio y desviaciones estándar. Muestras tomadas en superficie y fondo. En negrita aquellas concentraciones que sobrepasan el límite permitido por la ley de Australia y Nueva Zelanda. ND: indican los elementos no detectados instrumentalmente.

	Localidad	Año	As	Cu	Fe	Hg	Ag	Cd	Co	Cr	Pb	V	Ni	Zn
SUPERFICIE	CABO NORTE	2011	0±0	5±0	30±0	0,05±0	0,5±0,70	5±0	500±0	50±0	5±0	50±70,7	20±0	9±4,95
		2017	1,67± 0,09	8,78± 10,9	29± 0	ND	0,11± 0,04	0,20± 0,15	0,68 ± 0,74	1,37± 0	0,22± 0,06	ND	0,74± 0,69	41± 0
	HUASCO	2011	0±0	14,75±13,79	82,5±74,25	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	9,53±0,04	0±0	20±0	9,75±4,60
		2017	1,62±0,03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,16± 0,03	ND	0,23±0,04	ND
	ENSENADA CHAPACO	2011	0±0	5±0	31,43±2,44	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	5,94±2,16	0±0	20±0	31,7±43,9
		2017	1,69± 0,17	1,09± 0,67	ND	ND	0,07± 0,02	0,05 ± 0,001	0,56± 0,39	0,65± 0	0,215 ± 0,07	ND	0,34± 0,22	6,7± 0
	PLAYA BRAVA	2011	0±0	5±0	32,5± 3,53	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	5,1±0,14	0±0	20±0	5±0
		2017	1,57± 0,04	ND	ND	ND	ND	0,141± 0	ND	ND	0,14± 0,05	ND	0,21± 0	ND
	PUNTA LACHOS	2011	0±0	6,25±1,78	32,5±3,54	0,05±0	0±0	5±0	500±0	500±0	12,25 ±10,04	0±0	20±0	20,75 ±22,27
		2017	1,54± 0,01	ND	ND	ND	ND	0,05± 0	ND	ND	0,19± 0,09	ND	0,23 ± 0,03	5,3± 0
FONDO	CABO NORTE	2011	0±0	5±0	30±0	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	5±0	0±0	20±0	6,75±00,35
		2017	1,79± 0,01	ND	ND	ND	ND	0,06± 0,001	ND	ND	ND	ND	0,28 ± 0,02	ND
	HUASCO	2011	0±0	5±0	30±0	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	7,15±3,04	0±0	20±0	5±0
		2017	1,96±0,04	2,28±0	37,5±13,4	ND	0,094±0,003	0,11±0,04	ND	ND	ND	ND	0,31±0,06	ND
	ENSENADA CHAPACO	2011	0±0	5,36±0,95	32,1±5,67	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	6,61±3,01	0±0	20±0	21,3±22,0
		2017	4,96 ± 2,5	1,06 ± 0,23	ND	ND	ND	0,06 ± 0,01	0,23± 0,08	ND	0,2 ± 0,07	ND	0,30 ± 0,05	5,8 ± 0
	PLAYA BRAVA	2011	0±0	7 ±2,83	32,5±3,54	0,05±0	0±0	5±0	500±0	50±0	5,08±0,11	0±0	20±0	12,75±10,96
		2017	1,75± 0,03	0,58± 0	11 ± 0	ND	ND	0,08± 0,004	ND	ND	0,14± 0	ND	0,28± 0,02	ND
	PUNTA LACHOS	2011	0±0	5±0	40±14,14	0,05±0	0±0	5,08±0,11	500±0	50±0	19,6±20,3	0±0	20±0	20,75 ±22,27
		2017	1,78± 0,03	ND	13 ± 0	ND	ND	0,08± 0,01	ND	0,51 ± 0	ND	ND	0,22± 0,004	ND

Posteriormente se analizaron las concentraciones de 14 muestras de agua de mar provenientes de Caldera, 252 muestras de E. Chapaco y 36 muestras de Coquimbo, muestras en su totalidad tomadas en el año 2017. Los resultados indican que, para muestras de agua provenientes de Coquimbo, todas las concentraciones registradas están bajo el límite de detección, y como consecuencia, no existe la variabilidad necesaria para incluir a Coquimbo en los análisis que se muestran a continuación²⁷ (Tabla 5-56).

b) Calidad química del agua de mar análisis ET

Con el objeto de evidenciar la existencia de algún elemento traza específico que pudiera caracterizar las aguas de las tres localidades, se realizó una descripción y evaluación gráfica de sus concentraciones entre localidades, mediante un Análisis de Componentes Principales²⁸ (PCA por su sigla en inglés). El análisis se realizó sobre los datos escalados con el objetivo de evitar una sobre representación de las variables producida solo por diferencias en la magnitud de sus escalas. Para esto, se eliminaron aquellos ET, que, en su conjunto, presentaron varianza igual a cero. Los resultados de este análisis muestran que los dos primeros componentes explicaron un 50 % de la información (Figura 5-48). En esta figura además se observa que no es posible distinguir entre localidades, lo cual sugiere que las muestras de agua de E. Chapaco y Caldera, podrían estar caracterizadas por una combinación similar de ET.

Los resultados del análisis PCA fueron complementados con un análisis de similitud multivariado (ANOSIM), para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las localidades para algún ET. Para esto, se utilizó la distancia Euclidiana como medida de similitud, este análisis consiste en permutaciones que definen la cercanía entre y dentro de grupos de cada muestra. Los resultados de este análisis no evidenciaron diferencias significativas en las concentraciones de ET presentes en muestras de agua de mar obtenidas en Ensenada Chapaco y Caldera ($R = -0,082$; $p = 0,946$), ver Figura 5-48.

Los resultados de las comparaciones de las concentraciones de elementos trazas en la columna de agua de E. Chapaco y Caldera con los valores límites de la guía australiana y neozelandesa indican que el Cobalto y el Cobre exceden las concentraciones máximas permitidas en todas las localidades. El Zinc es el único elemento que excede las concentraciones máximas exclusivamente en E. Chapaco.

Tabla 5-56. Concentraciones promedio de ET y sus respectivas desviaciones estándar, registrados en muestras de agua de tres localidades de la costa norte de Chile. En negrita se destacan los valores que exceden los límites máximos de la normativa de Australia y Nueva Zelanda.

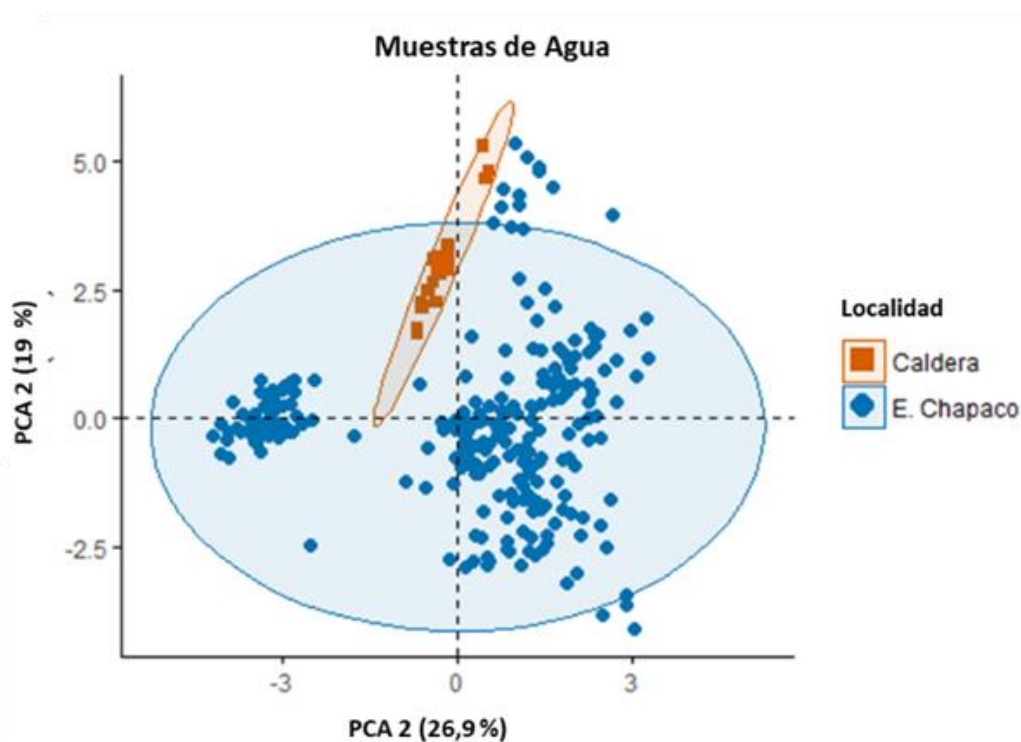
Elemento	Unidad	Chapaco			Coquimbo			Caldera		
Aluminio (Al)	µg/L	24,50	±	13,80	5,00	±	0,00	5,00	±	0,00

²⁷ El modelo de análisis estadístico para comparar el comportamiento de los elementos relevantes en la calidad del agua de mar requiere la presencia de valores detectados, si todos los valores están bajo el límite de detección no es posible dimensionar el atributo de variabilidad.

²⁸ Método estadístico que se emplea sobre todo en análisis exploratorio de datos y para construir modelos predictivos, que busca simplificar el conjunto de variables, construyendo nuevas variables (componentes principales), permitiendo capturar la mayor variabilidad de los datos analizados.

Elemento	Unidad	Chapaco			Coquimbo			Caldera		
Antimonio (Sb)	µg/L	0,51	±	0,06	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Arsénico (As)	µg/L	1,82	±	0,27	2,53	±	0,51	0,01	±	0,00
Bario (Ba)	µg/L	5,42	±	0,95	1,00	±	0,00	5,31	±	0,12
Berilio (Be)	µg/L	1,00	±	0,00	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Bismuto (Bi)	µg/L	1,00	±	0,00	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Boro (B)	µg/L	4.389,00	±	479,00	100,00	±	0,00	4.529,00	±	60,00
Cadmio (Cd)	µg/L	0,09	±	0,13	0,05	±	0,00	0,06	±	0,01
Cromo (Cr)	µg/L	0,65	±	0,62	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Cobalto (Co)	µg/L	0,10	±	0,03	0,05	±	0,00	0,05	±	0,00
Cobre (Cu)	µg/L	2,75	±	27,80	0,50	±	0,00	0,61	±	0,26
Hierro (Fe)	µg/L	13,40	±	12,50	10,00	±	0,00	10,10	±	0,27
Plomo (Pb)	µg/L	0,87	±	4,21	0,30	±	0,00	0,32	±	0,06
Litio (Li)	µg/L	174,00	±	16,50	20,00	±	0,00	193,00	±	2,71
Manganeso (Mn)	µg/L	1,01	±	1,36	0,20	±	0,00	0,30	±	0,07
Molibdeno (Mo)	µg/L	10,30	±	1,01	2,00	±	0,00	11,70	±	0,13
Níquel (Ni)	µg/L	0,68	±	0,77	0,50	±	0,00	0,80	±	0,51
Selenio (Se)	µg/L	0,50	±	0,02	2,00	±	0,00	2,00	±	0,00
Sílice (Si)	µg/L	992,00	±	88,80	1.000,00	±	0,00	1.000,00	±	0,00
Plata (Ag)	µg/L	0,06	±	0,09	0,10	±	0,00	0,10	±	0,00
Estroncio (Sr)	µg/L	7.786,00	±	1.088,10	100,00	±	0,00	7.867,00	±	518,00
Talio (Tl)	µg/L	0,10	±	0,00	0,05	±	0,00	0,05	±	0,00
Estaño (Sn)	µg/L	225,00	±	2.464,00	1,00	±	0,00	1,00	±	0,00
Titanio (Ti)	µg/L	10,00	±	0,00	5,00	±	0,00	5,00	±	0,00
Uranio (U)	µg/L	3,23	±	0,31	0,05	±	0,00	3,39	±	0,05
Vanadio (V)	µg/L	10,00	±	0,00	0,50	±	0,00	1,80	±	0,05
Zinc (Zn)	µg/L	12,50	±	22,40	3,00	±	0,00	3,07	±	0,19
Calcio (Ca)	µg/L	386.198,00	±	37.256,00	1.000,00	±	0,00	414.357,00	±	28.551,00
Magnesio (Mg)	µg/L	1.259.810,00	±	123.260,00	2.000,00	±	0,00	1.330.000,00	±	54.065,00
Potasio (K)	µg/L	417.944,00	±	50.924,00	40.000,0	±	0,00	415.214,00	±	29.300,00
Sodio (Na)	µg/L	10.490.865,0	±	1.123.893,00	40.000,0	±	0,00	11.078.571,0	±	733.987,00
Mercurio (Hg)	µg/L	0,02	±	0,02	0,01	±	0,00	0,01	±	0,00

Figura 5-48. Resultados del Análisis de componentes principales (PCA) que relaciona la concentración de ET presentes muestras de agua obtenidas en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Ensenada Chapaco) y en una localidad de referencia (Caldera).



Por último, las concentraciones de elementos traza registradas en E. Chapaco durante el año 2017 fueron comparadas con las concentraciones registradas en la literatura para otras localidades de la costa de Chile y otros países como Francia, Italia, China y Australia. Los resultados indican que las concentraciones de ET en E. Chapaco se encuentran dentro de los rangos registrados para la costa de Chile, excepto en las concentraciones de hierro, sin embargo, estos resultados deben ser analizados con cautela debido a la baja información existente en la literatura donde evalúen la concentración de este elemento (Tabla 5-57). Adicionalmente, las concentraciones de hierro en la columna de agua de E. Chapaco no son distintas a las reportadas en localidades como Punta Lachos, Playa Brava y Huasco en campañas de invierno y primavera-verano de los años 2011 y 2017.

Tabla 5-57. Aproximación bibliográfica²⁹, comparación de las concentraciones de elementos traza con localidades referenciales.

Localidad	Fuente	Unidad	Cadmio	Cromo	Cobre	Hierro	Plomo	Mercurio	Níquel	Zinc	Cobalto
Caleta Palito, Atacama	Stauber et al., 2005 ³⁰	µg/L	-	-	26,000	1,200	-	-	-	4,700	-
Bahía San Jorge, Antofagasta	Valdés et al., 2011 ³¹	µg/L	0,030	1,330	1,200	-	0,040	0,040	1,710	3,840	-
Bahía San Vicente, Bío	Ahumada 1994 ³²	µg/L	0,014	3,030	3,100	-	0,160	0,850	0,520	6,010	-
Bahía San Vicente, Bío	Díaz et al., 2001 ³³	µg/L	-	-	-	-	-	0,855	-	-	-
Canari, Francia	Valdés et al., 2011 ³⁴	µg/L	0,016	0,152	-	-	0,048	-	1,380	-	-
Porto-Torres, Italia	Valdés et al., 2011	µg/L	0,006	0,616	-	-	0,075	-	0,197	-	-
Bahía Tiajin Bohai, China	Wei et al., 2008 ³⁵	µg/L	0,120	0,400	2,540	-	7,180	0,040	-	26,900	-
Karumba, Australia	Munksgaard y Parry 2001 ³⁶	µg/L	0,003	-	0,202	0,286	0,011	-	0,156	0,062	0,017
E. Chapaco invierno 2017	CMP 2017	µg/L	0,090	0,650	2,750	13,400	0,870	0,020	0,678	12,500	0,100

En relación con el **considerando 75 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “Respecto al Hecho Infraccional N°14”. En relación con el análisis de los elementos traza cuyo objeto es determinar la calidad química del agua marina del sector objeto de descarga, observa lo siguiente:

El análisis comparativo de los elementos traza objeto de medición debe comprender todos los sectores de referencia muestreados, ya que la decisión de comparar E. Chapaco únicamente con el sector de Caldera, descartando la localidad de Coquimbo, no aparece suficientemente justificada. Por el contrario, comparar el sector de descarga únicamente con aquella localidad de referencia que sí está expuesta al efecto antrópico de la industrialización (Caldera), por tener dicha característica en común con el sitio de descarga objeto de análisis (E. Chapaco), y no comparar esta última con otra localidad de referencia, por el hecho de presentar concentraciones de elementos traza más bajas (Coquimbo), puede minimizar o subestimar el efecto real que la descarga de relaves produce en la calidad de las aguas afectas a ésta. Luego, si se pretende descartar fehacientemente el efecto negativo en la calidad de las aguas producto de la descarga de relaves, deberá efectuarse un análisis que considere la comparación con, al menos otra localidad de referencia como sería Coquimbo.

²⁹ Para cada valor de otros países indicado en la tabla se indica la referencia específica.

³⁰ Stauber, J. L., Andrade, S., Ramirez, M., Adams, M. C. J. A., & Correa, J. A. (2005). Copper bioavailability in a coastal environment of Northern Chile: comparison of bioassay and analytical speciation approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 50 (11), 1363-1372.

³¹ Valdés, J., Román, D., Rivera, L., Ávila, J., & Cortés, P. (2011). Metal contents in coastal waters of San Jorge Bay, Antofagasta, northern Chile: a base line for establishing seawater quality guidelines. *Environmental monitoring and assessment*, 183(1-4), 231.

³² Ahumada R (1994) “Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile.” *Rev. Biol. Mar. Valparaíso* (29), 77-87.

³³ Díaz, O., Encina, F., Chuecas, L., Becerra, J., Cabello, J., Figueroa, A., & Muñoz, F. (2001). Influencia de variables estacionales, espaciales, biológicas y ambientales en la bioacumulación de mercurio total y metilmercurio en *Tagelus dombeii*. *Revista de biología marina y oceanografía*, 36(1), 15-29.

³⁴ Valdés, J., Román, D., Rivera, L., Ávila, J., & Cortés, P. (2011). Metal contents in coastal waters of San Jorge Bay, Antofagasta, northern Chile: a base line for establishing seawater quality guidelines. *Environmental monitoring and assessment*, 183(1-4), 231.

³⁵ Wei, M., Yanwen, Q., Zheng, B., & Zhang, L. (2008). Heavy metal pollution in Tianjin Bohai bay, China. *Journal of Environmental Sciences*, 20(7), 814-819.

³⁶ Munksgaard, N. C., & Parry, D. L. (2001). Trace metals, arsenic and lead isotopes in dissolved and particulate phases of North Australian coastal and estuarine seawater. *Marine Chemistry*, 75(3), 165-184.

Las concentraciones promedio de elementos traza para la localidad de Coquimbo, junto a sus respectivas desviaciones estándar, se encuentran debidamente especificadas en la Tabla 5-58 (idénticos valores a los reportados en el informe de efecto II, Tabla 5-56). Sus resultados indican que las concentraciones promedio de elementos traza en la localidad de Coquimbo se encuentran bajo el límite de detección para casi la totalidad de elementos analizados. Es por esta razón, que no es posible incluir en la comparación una localidad cuyos valores para la variable de interés resultan indetectables.

Tabla 5-58. Concentraciones promedio de ET y sus respectivas desviaciones estándar, registrados en muestras de agua de tres localidades de la costa norte de Chile. En negrita se destacan los valores que exceden los límites máximos de la normativa de Australia y Nueva Zelanda, utilizada como referencia.

Elemento	Unidad	Chapaco			Coquimbo			Caldera		
Aluminio (Al)	µg/L	24,50	±	13,80	5,00	±	0,00	5,00	±	0,00
Antimonio (Sb)	µg/L	0,51	±	0,06	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Arsénico (As)	µg/L	1,82	±	0,27	2,53	±	0,51	0,01	±	0,00
Bario (Ba)	µg/L	5,42	±	0,95	1,00	±	0,00	5,31	±	0,12
Berilio (Be)	µg/L	1,00	±	0,00	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Bismuto (Bi)	µg/L	1,00	±	0,00	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Boro (B)	µg/L	4.389,00	±	479,00	100,00	±	0,00	4.529,00	±	60,00
Cadmio (Cd)	µg/L	0,09	±	0,13	0,05	±	0,00	0,06	±	0,01
Cromo (Cr)	µg/L	0,65	±	0,62	0,50	±	0,00	0,50	±	0,00
Cobalto (Co)	µg/L	0,10	±	0,03	0,05	±	0,00	0,05	±	0,00
Cobre (Cu)	µg/L	2,75	±	27,80	0,50	±	0,00	0,61	±	0,26
Hierro (Fe)	µg/L	13,40	±	12,50	10,00	±	0,00	10,10	±	0,27
Plomo (Pb)	µg/L	0,87	±	4,21	0,30	±	0,00	0,32	±	0,06
Litio (Li)	µg/L	174,00	±	16,50	20,00	±	0,00	193,00	±	2,71
Manganeso (Mn)	µg/L	1,01	±	1,36	0,20	±	0,00	0,30	±	0,07
Molibdeno (Mo)	µg/L	10,30	±	1,01	2,00	±	0,00	11,70	±	0,13
Níquel (Ni)	µg/L	0,68	±	0,77	0,50	±	0,00	0,80	±	0,51
Selenio (Se)	µg/L	0,50	±	0,02	2,00	±	0,00	2,00	±	0,00
Sílice (Si)	µg/L	992,00	±	88,80	1.000,00	±	0,00	1.000,00	±	0,00
Plata (Ag)	µg/L	0,06	±	0,09	0,10	±	0,00	0,10	±	0,00
Estroncio (Sr)	µg/L	7.786,00	±	1.088,10	100,00	±	0,00	7.867,00	±	518,00
Talio (Tl)	µg/L	0,10	±	0,00	0,05	±	0,00	0,05	±	0,00
Estaño (Sn)	µg/L	225,00	±	2.464,00	1,00	±	0,00	1,00	±	0,00
Titanio (Ti)	µg/L	10,00	±	0,00	5,00	±	0,00	5,00	±	0,00
Uranio (U)	µg/L	3,23	±	0,31	0,05	±	0,00	3,39	±	0,05
Vanadio (V)	µg/L	10,00	±	0,00	0,50	±	0,00	1,80	±	0,05
Zinc (Zn)	µg/L	12,50	±	22,40	3,00	±	0,00	3,07	±	0,19
Calcio (Ca)	µg/L	386.198,00	±	37.256,00	1.000,00	±	0,00	414.357,00	±	28.551,00
Magnesio (Mg)	µg/L	1.259.810,00	±	123.260,00	2.000,00	±	0,00	1.330.000,00	±	54.065,00
Potasio (K)	µg/L	417.944,00	±	50.924,00	40.000,0	±	0,00	415.214,00	±	29.300,00
Sodio (Na)	µg/L	10.490.865,0	±	1.123.893,00	40.000,0	±	0,00	11.078.571,0	±	733.987,00

Elemento	Unidad	Chapaco		Coquimbo		Caldera	
Mercurio (Hg)	µg/L	0,02	± 0,02	0,01	± 0,00	0,01	± 0,00

Sobre la base de estos resultados, no es recomendable realizar una prueba de hipótesis para contrastar entre las tres localidades, esto se basa en dos motivos principales:

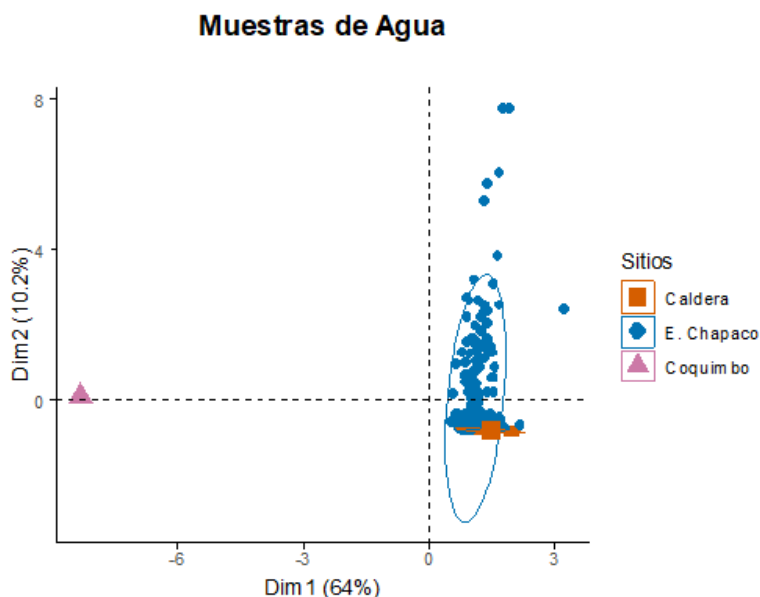
1.- Por convención, cuando elementos no son posibles de detectar el resultado se reemplaza por el valor del límite de detección (criterio usado en Coquimbo). Por este motivo, cualquier inferencia acerca de las localidades y que incluya a Coquimbo, no estará realmente evaluando las diferencias o similitudes entre localidades, sino que contrastará la localidad de E. Chapaco y Caldera, contra el límite de detección de cada elemento en Coquimbo. Por ello, cualquier inferencia que se realice estará sesgada por los valores de referencia.

2.- La metodología que se emplea para realizar una prueba de hipótesis de datos multivariados destinada a contrastar grupos, se basa en comparar la similitud de los elementos que componen cada grupo. En este caso, la similitud está dada por los valores estimados para cada metal en cada muestra dentro de cada localidad. Una característica importante para el análisis es que los grupos a comparar deben tener un rango de variabilidad asociado a la similitud de sus observaciones, es decir debe existir homogeneidad de varianza entre los grupos. En este caso, la localidad de Coquimbo no cuenta con variabilidad, por lo tanto, los datos obtenidos no tienen varianza, lo que viola uno de los supuestos necesarios para el análisis.

No obstante, lo anterior, a petición de la Superintendencia del Medio Ambiente, se reemplazan los valores de los elementos trazas indetectables por el valor del límite de detección para muestras de Coquimbo y se realiza la comparación estadística entre las localidades de Caldera, Coquimbo y E. Chapaco. Se recomienda que la interpretación de estos resultados sea analizada con precaución, y no son recomendables para una toma de decisiones.

Los resultados de este análisis se describen gráficamente en la Figura 5-49, donde se observa que sobre el eje que representa el primer componente (64%) se distingue la concentración de ET de Coquimbo, respecto a E. Chapaco y Caldera. La concentración química del agua de mar de Coquimbo se encuentra a la izquierda del eje 0, sugiriendo que las observaciones de esta localidad se correlacionan negativamente con los elementos que definen el componente 1. Sobre este mismo componente también se distingue la localidad de Caldera, donde se observa una correlación positiva con los elementos que definen este eje. Sobre el componente 2 (10,2%), se distingue la localidad de E. Chapaco, con una amplia variabilidad entre sus observaciones.

Figura 5-49. Representación gráfica que relaciona la concentración de ET presentes muestras de agua obtenidas en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Ensenada Chapaco) y dos localidades de referencia (Caldera y Coquimbo).



Las circunferencias que se observan en esta Figura para las localidades de Caldera y E. Chapaco definen un centroide donde se estima que se encuentra el 95% de las observaciones (intervalo de confianza). Mientras que para los datos que definen la localidad de Coquimbo no es posible estimar un centroide debido a la inexistencia de variabilidad entre sus observaciones y se representan gráficamente como un único punto.

Los resultados del análisis PCA fueron complementados con un análisis de similitud multivariado (ANOSIM), para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las localidades. Los resultados de este análisis indican que las localidades de Caldera y Chapaco no difieren significativamente en su composición de ET ($R = -0,082$; $p = 0,946$), pero ambas localidades difieren significativamente de la localidad de Coquimbo ($R = 1$; $p = 0,001$ para Caldera y Coquimbo; $R = 1$; $p = 0,001$ para comparaciones entre E. Chapaco y Coquimbo) (ver Figura 5-49).

En relación con el **considerando 75 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “Respecto al Hecho Infraccional N°14”. *Es necesario que el Titular explique los efectos que pudieron generarse sobre la flora y fauna marina, derivados de cada una de las excedencias de concentraciones de determinados elementos traza, según el resultado expuesto en el Informe de Efectos II, ya sea en comparación con la Guía Australiana y Neozelandesa, respecto de las localidades de referencia.*

Los resultados del análisis de la calidad química del agua de mar de E. Chapaco presentados en la sección anterior para el período de tiempo imputado (a partir del 31 de marzo del 2017), indican que tres (3) (Cobalto, Cobre y Zinc) de los 31 elementos traza analizados exceden los valores de referencia impuestos por la Guía Australiana y Neozelandesa. De estos tres (3) elementos, el cobre y el cobalto, exceden los

valores a nivel regional, es decir 400 Km aproximados de línea de costa. En consecuencia, es difícil sostener que el exceso reportado en Chapaco sea independiente del exceso reportado a escala regional; siendo en consecuencia en extremo improbable postular que el exceso en E. Chapaco sea consecuencia de una modificación del ambiente inducida por la descarga de relaves. Resta entonces, discernir cuáles son las potenciales causas y potenciales consecuencias del exceso de Zinc reportado en E. Chapaco.

Respecto de las potenciales causas y potenciales efectos, es necesario establecer que en Chile no existe una normativa vigente que regule la presencia de este elemento (Zinc) en matrices marinas. En consecuencia, el Titular ponderó los niveles registrados en E. Chapaco respecto de los valores referenciales impuestos por la Guía Australiana y Neozelandesa (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, 2000). A diferencia del caso Chileno donde la normativa para este elemento es inexistente, en esta guía se definen ciertos parámetros que son indicadores de la calidad de la columna de agua y sus repercusiones en la calidad de vida de la biota marina. Sus valores representan una estimación de la concentración de elementos químicos que no deberían tener efectos adversos sobre el ecosistema, y se basa principalmente en el porcentaje de especies que se pretende proteger (99, 95, 90, 80%). En caso de corresponder a un ecosistema con una perturbación moderada, la guía recomienda utilizar aquellos valores correspondientes a un nivel de protección de especies del 95%.

El uso de esta guía como parámetro de comparación de muestras de agua en el ecosistema marino analizado indicó que las concentraciones de Zinc de E. Chapaco, se encuentran sobre los niveles de protección del 99% de las especies impuesto por esta guía, tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 5-59. Valores límites de Zinc bajo los cuales es posible evidenciar la ocurrencia de un efecto adverso en un ecosistema según "Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality".

Químico	Unidad	E. Chapaco	Nivel de protección (% especies)			
			99	95	90	80
Zinc	µg/L	12,50 ± 22,40	7	15	23	43

No obstante lo anterior, se destaca que esta guía fue usada como valor referencial y sus resultados deben ser analizados con cautela debido a las diferencias de la realidad geoquímica y las características de las masas de agua entre Australia, Nueva Zelanda y Chile, principalmente en cuanto a su origen. Además, esta Guía en Australia y Nueva Zelanda carece del estatus jurídico de una Norma.

Si bien la guía anterior nos facilitó la comprensión de los resultados, expresados en concentraciones de ET en la columna de agua en estudio, cabe señalar que en la legislación chilena el concepto de Norma destaca en su relevancia, ya que comprende directrices cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el Titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación en el marco del SEIA. Dado que no existe normativa en Chile, se ha utilizado esta guía, como una aproximación con fines de análisis.

Debido a la limitación antes descrita (ausencia de norma de referencia de la calidad de aguas marinas para las costas de Chile), el Titular realizó complementariamente una revisión del Programa de Observación del Ambiente Litoral (P.O.A.L.), elaborado para monitorear las fluctuaciones anuales de los niveles de concentración de los principales componentes de desechos domésticos, industriales, de hidrocarburos de petróleo y COP's presentes en las bahías, lagos y ríos sometidos a la jurisdicción de la DIRECTEMAR, como un punto de comparación de la condición existente en las aguas marinas de E. Chapaco respecto a la realidad de otras localidades de la costa de Chile.

En el P.O.A.L., se determinan y evalúan los niveles y concentraciones de los principales contaminantes tanto de las aguas oceánicas costeras y continentales, con énfasis en aquellos cuerpos de agua con más actividad antrópica y por tanto intervenidos. Este programa de observación considera los efectos potenciales de dos grandes factores; i) las descargas de las actividades que se desarrollan en el entorno terrestre de los cuerpos de agua (industrias, establecimientos de servicios sanitarios, etc.) y ii) los impactos producidos por las principales actividades que se llevan a cabo en el cuerpo de agua (e.g. pesca, acuicultura, balneario, navegación, etc.).

Los resultados de la revisión de las concentraciones de Zinc informadas por este programa de monitoreo se presentan en la Tabla 5-60, para al menos cuatro regiones de la costa de Chile y tres años (2007, 2010 y 2011)³⁷.

El rango de variabilidad espaciotemporal de la concentración de Zinc al interior de las localidades analizadas es el siguiente: Arica 1,2-7,29; Iquique 0,025-16,42; Mejillones 0,8-2,55; Tongoy 27,21-30,28; Canal Dalcachue 0,025-3,55; Bahía Inglesa 0,61-4,93 y Seno de Reloncaví 0,53-4,96 ug/L. Estos rangos ilustran la gran variabilidad de las concentraciones de este elemento en la columna de agua de las costas de Chile. En consecuencia, podemos postular que la concentración del zinc de ensenada Chapaco se encuentra al interior del rango de variación regional. La causa de estas oscilaciones a nivel regional es probablemente de origen natural, o a lo menos independiente de la descarga de relaves de E. Chapaco.

³⁷ Los años indicados son aquellos para los cuales se cuenta con información comparativa.

Tabla 5-60. Concentraciones de Zinc en cuerpos de agua monitoreados en el P.O.A.L.

Localidad	Topónimo	Año	Estación		Unidad
			Invierno	Primavera	
ARICA	Desembocadura Río Lluta	2011	1,56	6,85	ug/L
ARICA	Desembocadura Río Lluta	2011	2,17	6,07	ug/L
ARICA	Poza Puerto	2011	1,2	7,28	ug/L
ARICA	Poza Puerto	2011	1,42	6,78	ug/L
ARICA	Pesquera Coloso	2011	1,84	6,22	ug/L
ARICA	Pesquera Coloso	2011	2,51	7,29	ug/L
IQUIQUE	Sector Corbeta Esmeralda	2011	11,91	0,025	ug/L
IQUIQUE	Sector Corbeta Esmeralda	2011	13,07	3,3	ug/L
IQUIQUE	Playa El Colorado	2011	12,75	0,35	ug/L
IQUIQUE	Playa El Colorado	2011	16,42	0,88	ug/L
IQUIQUE	Pesquera Camanchaca	2011	12,38	1,56	ug/L
IQUIQUE	Pesquera Camanchaca	2011	13,12	0,89	ug/L
IQUIQUE	Muelle Naval	2011	14,07	0,025	ug/L
IQUIQUE	Muelle Naval	2011	14,61	0,36	ug/L
IQUIQUE	Sector Norte Ex-muelle CORFO	2011	12,84	0,025	ug/L
IQUIQUE	Sector Norte Ex-muelle CORFO	2011	14,57	0,42	ug/L
IQUIQUE	La Puntilla	2011	9,84	1,9	ug/L
IQUIQUE	La Puntilla	2011	15,91	3,88	ug/L
MEJILLONES	Punta Chacaya	2011	1,79	0,59	ug/L
MEJILLONES	Punta Chacaya	2011	2,4	1,02	ug/L
MEJILLONES	Frente a La Caleta	2011	1,81	0,78	ug/L
MEJILLONES	Frente a La Caleta	2011	2,55	1,9	ug/L
MEJILLONES	Frente a Capitanía	2011	1,9	1,57	ug/L
MEJILLONES	Frente a Capitanía	2011	2,23	-	ug/L
MEJILLONES	Frente a Muelle Fertilizante	2011	2,11	0,8	ug/L
MEJILLONES	Frente a Muelle Fertilizante	2011	2,47	2,09	ug/L
TONGOY	Sur-Oeste Península Tongoy	2011	-	27,21	ug/L
TONGOY	Sur-Oeste Península Tongoy	2011	-	30,28	ug/L
CANAL DALCAHUE	Punta Quiquel	2011	-	2,8	ug/L
CANAL DALCAHUE	Punta Quiquel	2011	-	3,55	ug/L
CANAL DALCAHUE	Punta Quiquel	2011	-	0,025	ug/L
CANAL DALCAHUE	Punta Quiquel	2011	-	0,025	ug/L
BAHIA INGLESA	Punta Caldereta	2007	0,61	3,6	ug/L
BAHIA INGLESA	Punta Caldereta	2007	-	4,05	ug/L
BAHIA INGLESA	Centro Bahía Inglesa	2007	-	4,89	ug/L
BAHIA INGLESA	Centro Bahía Inglesa	2007	0,94	4,93	ug/L
SENO RELONCAVI	Boca Estero Reloncaví	2010	1,27	0,56	ug/L
SENO RELONCAVI	Boca Estero Reloncaví	2010	1,12	1,05	ug/L

Adicionalmente, y con el objetivo de complementar la línea de argumentos antes presentados, el Titular realizó la comparación de las concentraciones de Zinc de la columna de agua de E. Chapaco con los

establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, por sus siglas en inglés United States Environmental Protection Agency), para aguas marinas. Actualizados al 2016, de acuerdo con la National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria, Table 274.

La USEPA considera los valores CMC ("Criterion Maximum Concentration") y CCC ("Criterion Continuous Concentration"). Los criterios de vida acuática para sustancias químicas tóxicas corresponden a la concentración más alta de contaminantes o parámetros específicos presentes en el agua que no se espera que supongan un riesgo significativo para la mayoría de las especies en un entorno determinado o una descripción narrativa de las condiciones deseadas de un cuerpo de agua "libre" de "ciertas condiciones negativas. **Estos valores se calculan a través de pruebas de toxicidad crónica y aguda** que ayudan a establecer los reglamentos de calidad del agua para la protección de la vida acuática. Su metodología se basa en los resultados de una prueba de toxicidad crónica del ciclo de vida parcial, en la cual el CMC y CCC se reportan como la media geométrica entre la Concentración de Efecto No Observado y la concentración de efecto más bajo observado.

Los resultados de las muestras de agua colectadas en E. Chapaco en el año 2017, indican que sus concentraciones de Zinc se encuentran, en al menos, dos órdenes de magnitud por debajo de los valores referenciales utilizados por la USEPA (Tabla 5-61)

Tabla 5-61. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de aguas marinas según USEPA.

Concentraciones en µg/L

Parámetro	Concentración Zn E. Chapaco	CMC Criterio de concentración máxima (Toxicidad aguda)	CCC Concentración continua de criterio (toxicidad crónica)
Zinc	12,50 ± 22,40	90	81

⁽¹⁾<https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table> (acceso 19 de noviembre de 2018)

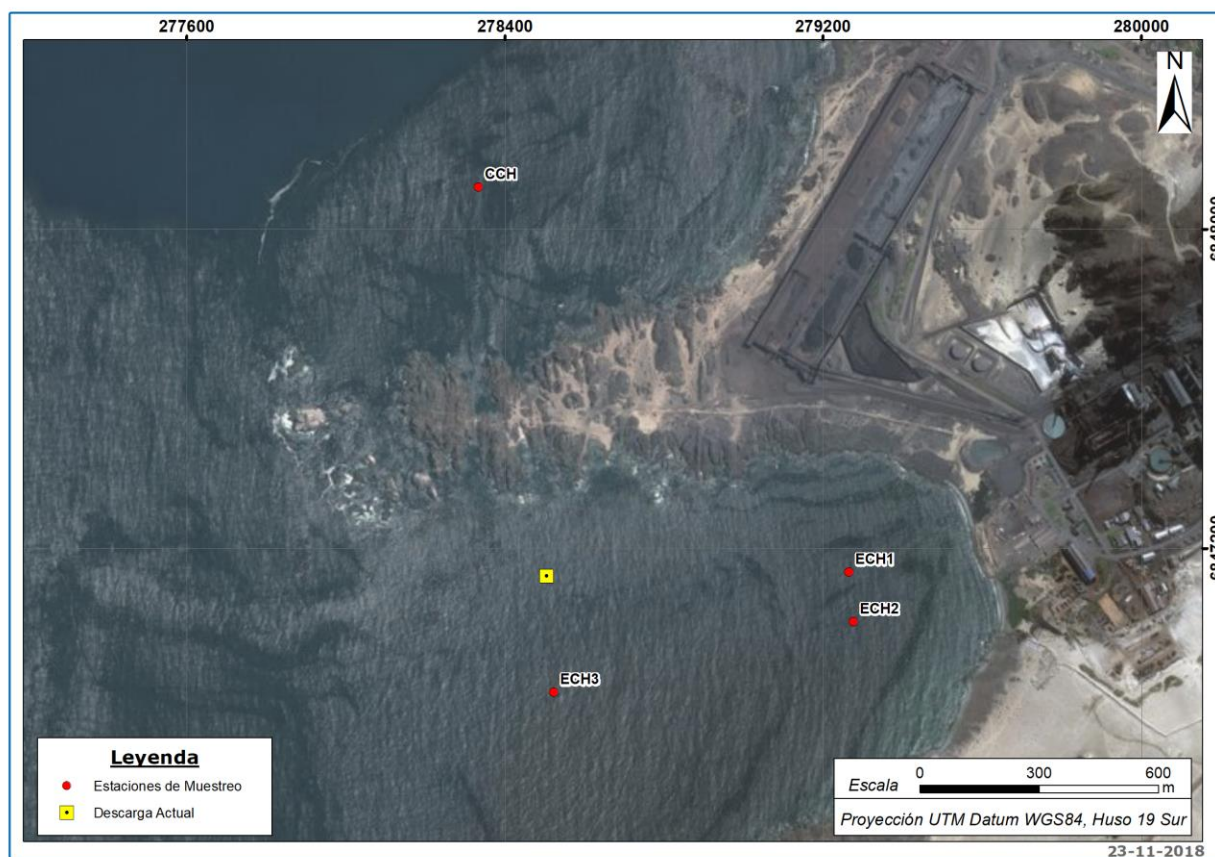
Cabe comentar que los ensayos de toxicidad crónica y aguda realizados al relave de la Planta de Pellets muestran que al exponer distintas especies a un elutriado del relave no se registran efectos significativos ni en la fisiología ni en la supervivencia de las especies ensayadas; condición que coincide con los criterios de la USEPA.

Concentraciones de Zinc en la columna de agua de E. Chapaco para el año en curso

Con el objetivo de describir el comportamiento de la concentración de este elemento en esta localidad, en septiembre del año 2018 el Titular realizó nuevos monitoreos de las concentraciones de este elemento en la columna de agua de E. Chapaco. Los muestreos se realizaron los días 2, 9 y 15 de septiembre, e incluyeron tres (3) estaciones de monitoreo dentro de la ensenada, y en una localidad control ubicada fuera de la ensenada, específicamente en Huasco (ver Figura 5-50). Las muestras de agua se analizaron de

acuerdo con lo establecido en la metodología EPA 200.8, (1994)³⁸ por la empresa de análisis ambientales ANAM.

Figura 5-50. Estaciones de muestreo para la caracterización de las concentraciones de Zinc en la columna de agua de E. Chapaco. Se presentan las estaciones de muestreo ubicadas dentro de la ensenada (ECH1) y una estación control ubicada en Huasco (CCH).



Los resultados de las concentraciones de Zinc en la escala temporal y espacial muestreada, reporta valores de este elemento que están bajo los límites de detección para todas las estaciones de muestreo analizadas. Resultados que evidencian la alta variabilidad temporal de la distribución de las concentraciones de Zinc en E. Chapaco, las cuales no pueden necesariamente ser atribuidas a la descarga de relaves y que son coincidentes con la alta variabilidad regional.

En conclusión, los antecedentes indican que la concentración del zinc en las costas de Chile presenta un comportamiento altamente variable a escala espacial y temporal. Aun cuando las concentraciones de Zinc de E. Chapaco en el año 2017 exceden los valores propuestos por la Guía Australiana y Neozelandesa, estas concentraciones se encuentran al interior del rango de variación regional analizado en sitios no sometidos a la influencia de la descarga de relaves. Por último, se destaca que las concentraciones de este elemento

³⁸ Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry

en la columna de agua de esta localidad reportadas en septiembre del año en curso reportan valores bajo el límite de detección para todas las estaciones de muestreo analizadas. Cabe reiterar que dichas concentraciones no difieren de las concentraciones medidas a nivel nacional y se encuentra por debajo de los límites establecidos por USEPA.

Efectos sobre la flora y fauna marina derivados de las excedencias de concentraciones de Zinc.

El zinc es un elemento esencial para la integridad funcional de las membranas celulares, debido a que posee una serie de propiedades químicas que lo hacen único en variados sistemas biológicos. Participa en un gran número de procesos metabólicos, ya que se encuentra adaptado para cumplir una función central en el metabolismo intracelular (Williams, 1989³⁹). Además, tiene un papel muy activo en el sitio catalítico de un número importante de sistemas enzimáticos. Dada su ubicuidad en el metabolismo celular, la más mínima alteración en la concentración en relación con el zinc puede causar múltiples efectos biológicos y bioquímicos.

El zinc como ion o formando compuestos, es soluble en agua y puede ser altamente absorbido por organismos vivos. Después de la absorción, puede unirse a componentes celulares vitales tales como, enzimas y ácidos nucleicos y si se encuentran por sobre las concentraciones naturales interfieren con sus funciones (Scelzo, 1997⁴⁰). Además de su papel como ion catalítico, el zinc destaca por su función estructural ya que participa en algunas membranas biológicas desempeñando un papel central. Es también, fundamental en el crecimiento y diferenciación celular, por lo tanto, su déficit, así como su exceso genera efectos adversos en los tejidos de rápido recambio, en especial en el sistema inmunológico (Rosado, 1998⁴¹).

En la última década se produjeron avances en el conocimiento de las funciones bioquímicas del zinc a niveles subcelulares. En el organismo existe casi exclusivamente como Zn (+2) unido a numerosas proteínas celulares. Su alta afinidad por los electrones permite que actúe junto con las cadenas laterales de aminoácidos y forme enlaces cruzados intrapolipeptídicos que pueden modificar la estructura de las funciones proteicas (Black, 1998⁴²).

El proceso por el cual el zinc entra en las células es mediado por una proteína de bajo peso molecular la metalotioneína, aunque el mediador a través de la membrana basolateral, puede ser un proceso pasivo (Handy, 1996⁴³). Tanto en mamíferos como en peces la entrada de zinc se realiza a través del duodeno, en donde el pH es bajo. La disponibilidad del zinc para la absorción a través de la membrana se ve afectada no sólo por valores altos de pH, sino que también por factores como altos niveles de Ca²⁺ dietario y fosfatos. La captación del zinc se inicia por la absorción iónica en las proteínas solubles de la mucosa. El

³⁹ Williams RJP. 1989. An introduction to the biochemistry of Zinc. En: Mills DF (ed) Zinc in human biology. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.15-31pp.

⁴⁰ Scelzo MA. 1997. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). Investigación Marina, Valparaíso. (25): 177-185pp.

⁴¹ Rosado JL. 1998. Zinc deficiency and its functional implications. En: Salud pública México. 4:181-189 pp.

⁴² Black RE. 1998. Zinc for child health. American Journal of Clinical Nutrition (5) 4095-5165 pp.

⁴³ Handy RD. 1996. Dietary exposure to toxic metals in fish. Toxicology of Aquatic Pollution: Physiological, Cellular, and Molecular Approaches. University Press, Cambridge, Cambridge 29-60 pp.

zinc puede cruzar la membrana luminal de las células epiteliales del intestino como: ion libre, unido a una proteína de la membrana de la mucosa o formando complejos de bajo peso molecular (Hollis, 1997⁴⁴).

Una vez que el metal forma complejo en la mucosa intestinal es absorbido al interior de la célula por un proceso con mediador, que puede o no requerir de energía (Handy, 1996). Allí, puede ser usado por la célula y transportado activamente al plasma sanguíneo (trasporte mediado) (Groff et al., 1995⁴⁵).

Prácticamente todas las células contienen zinc, pero su concentración varía de un tejido a otro según las diferentes especies de animales (Handy, 1996). El alto contenido de zinc de determinados órganos y compartimientos proviene de los sitios intracelulares con alta afinidad de unión al metal, merced a sistemas regulados de transporte para su aflujo y eflujo (Williams, 1986⁴⁶).

Las concentraciones más elevadas de zinc se encuentran en el sistema óseo, en cambio, son relativamente estables en la mayoría de los tejidos blandos (e.g., músculos), pero varían con el consumo de zinc a lo largo de la ingesta. Su contenido es de aproximadamente 1,5 g (Jackson, 1989⁴⁷) y los músculos esqueléticos contienen la cantidad más alta e.g., 60 %.

Ningún tejido actúa como reservorio de zinc, aunque el zinc liberado desde el músculo y sistema esquelético en período de catabolismo puede ser reutilizado en los organismos. La sangre contiene sólo una pequeña porción de zinc orgánico total (alrededor del 0,5%); de ese porcentaje, el 75% se encuentra en los eritrocitos y del 10 al 20% en el plasma (Cousins, 1989⁴⁸). Su concentración depende del medio, del tiempo de tránsito, de los factores que promueven la absorción (e.g., proteínas) y de los que la inhiben (e.g., ácido fítico).

Como los iones de zinc son hidrofílicos, son incapaces de difundir pasivamente a través de las membranas celulares (McMahon et al., 1998⁴⁹); si bien aún no se han dilucidado los mecanismos subcelulares que regulan la absorción del zinc exógeno, en general se acepta que la absorción incluye dos procesos: i) un componente mediado por el transportador (saturable) y ii) uno difusivo no mediado (insaturable); ambos procesos estarían en función de las concentraciones externas o extracelulares de zinc.

El mecanismo transcelular sería modulado por la metalotioneína (MT), la expresión de este gen tiene relación directa con la absorción del zinc. La MT forma un fondo expansible de zinc que actúa como un amortiguador transitorio de zinc e impide su desplazamiento fuera de las células. Cuando ese encuentra inhibida la síntesis de MT, no existiría regulación de la absorción de zinc (Richards et al., 1975⁵⁰; McMahon et al. 1998).

⁴⁴ Hollis L. 1997. The physiology of metal absorption across the digestive tract. En: mammals - comparison to fish. www.science.mcmaster.ca/biology/4503/lh1.html.

⁴⁵ Groff JL y SS Gropper. 1995. Microminerals. In: GROFF JL & SS GROPPER, eds. Advanced nutrition and human metabolism. 3th ed. Belmont CA: Wadsworth/Thomson Learning, 2000:352-419.

⁴⁶ Williams RJP. 1986. Zinc: ¿what is its role in biology?. Endeavor (8): 65-70.

⁴⁷ Jackson M. 1989. Physiology of zinc: general aspects. En: Mills CF (eds), Zinc in human biology. Springer-Verlag. New York. 131:1-14.

⁴⁸ Cousins RJ. 1989. Systemic transport of zinc. En: Mills CF (eds), Zinc in human biology, Springer-Verlag. New York.131:79-93 pp.

⁴⁹ McMahon RJ y RJ Cousins. 1989. Mammalian zinc transporters. (128): 667-700

⁵⁰ Richards MP y RJ Cousins. 1975. Mammalian zinc homeostasis: requirement for RNA and metallothionein synthesis, Biochem Biophys. (64): 1215-23

La primera acción bioquímica general del zinc es su función catalítica, necesaria para el funcionamiento biológico de más de 300 enzimas de las 6 clases enzimáticas y de diferentes especies de todos los phyla (McCall et al., 2000⁵¹). En los organismos complejos no resulta fácil establecer un nexo directo o inequívoco entre los signos de déficit de zinc o la toxicidad y los defectos de las enzimas individuales. Como lo describe Cousins, (1997), podría producirse un defecto fisiológico únicamente si la enzima dependiente del zinc fuera el paso limitante de la velocidad en alguna vía bioquímica o en procesos críticos. Por consiguiente, más del 95% del contenido orgánico de zinc es intracelular.

La absorción fraccionada de zinc exógeno se relaciona con el consumo del metal y la eficiencia de su utilización aumenta con las bajas ingestas, debido a que los altos ingresos inutilizan la eficiencia del metal (King et al., 2000⁵²).

Los sitios estructurales en que se ubica el zinc a nivel celular, conocidos también como dedos de zinc, proporcionan estabilidad estructural local y global, de forma que habilitan a algunas proteínas para realizar una amplia gama de tareas; además dan cuenta de las funciones bioquímicas básicas pero esenciales del zinc, como la acción del receptor de la membrana en la proliferación y en el desarrollo celular (Cousins, 1997).

El zinc actúa como ion intracelular regulador, que activa o inhibe los factores de transición responsables de regular la expresión genética. En concentraciones reducidas del metal limita algunos procesos que requiere el organismo, como por ejemplo conservar la energía, mecanismo de defensa que afecta el mantenimiento de la inmunidad celular (McCall et al., 2000).

El zinc no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan en humanos una ingesta diaria mínima de zinc. Su absorción es más fácil a partir de proteínas animales que de productos vegetales.

Independiente de las excedencias de Zinc informadas en el informe de efectos II, esto no debería ser un problema si se acepta que **“El zinc no se acumula en los organismos”**. Esta afirmación tiene múltiples evidencias en organismos marinos colectados de E. Chapaco, evidencias que se detallan a continuación.

Análisis de los efectos de las excedencias de las concentraciones de Zinc sobre la flora y fauna marina de E. Chapaco y localidades de referencia

Los elementos traza ingresan al ambiente marino a través de fuentes naturales y/o antropogénicas, son distribuidos en las matrices líquida y sedimentaria, alcanzando finalmente a la biota (Soto, 2001⁵³). Los sedimentos marinos y en especial los estuarinos, son una matriz ambiental que, por su origen, integra en el tiempo los cambios geoquímicos que ocurren en la columna de agua. De tal forma que, estudios de

⁵¹ McCall KA, C Haang y CA Fierke. 2000. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. (130): 143-465.

⁵² King JC, DM Sharnes y RL Woodhouse. 2000. Zinc homeostasis in man: studies using a new stable isotope-dilution technique. 199-208.

⁵³ Soto, M. 2001. Biodisponibilidad de Metales Pesados (Cd, Cu y Pb) en Sedimentos Marinos Superficiales Procedentes de las Principales Zonas Ostrícolas del Estado de Sonora. Tesis, Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Sonora. Spectrometry (ICPEAS). FreseniusJ. Anal. Chem. 348, 390-395.

mediano y largo plazo pueden aportar interesantes antecedentes en la historia de alteración de un área (Nelson, 1996⁵⁴).

Los elementos traza pueden migrar hacia la biota y la forma en que éstos ingresen a los organismos dependerá de las características del hábitat y de los hábitos alimentarios de quienes pueden llegar a consumirlos. En el caso de peces y gastrópodos marinos, pueden ingresar básicamente por tres vías posibles: las branquias, la superficie corporal o la ingesta de alimentos, es decir pueden ser incorporados desde el medio circundante o desde la dieta (Filipovic y Raspor, 2003⁵⁵).

La transferencia y bioacumulación de ET depende también de los mecanismos de detoxificación u homeostáticos que disponga cada especie que conforma una trama trófica. De forma que, para cada elemento traza: a) existe un rango de seguridad, dentro del cual los mecanismos homeostáticos son capaces de mantener sus concentraciones tisulares óptimas y las funciones normales, y b) cualquier elemento traza es potencialmente tóxico cuando sobrepasa este rango. En este contexto, el análisis de la calidad del agua en la zona costera, en función de su contenido de metales traza, puede realizarse con mayor certeza en los organismos que las habitan.

Con el objetivo de evaluar los potenciales efectos de las alteraciones de Zinc sobre los organismos marinos que habitan en el ecosistema litoral de E. Chapaco, CAP Minería evaluó la concentración de este elemento en organismos marinos pertenecientes a distintos grupos taxonómicos representativos de la trama trófica de esta localidad y dos localidades de referencia. Los resultados obtenidos fueron contrastados con la única regulación vigente para Chile, el Reglamento Sanitario de los Alimentos Decreto N°977/96, versión 25 de Mayo de 2017, la cual propone valores de referencia para pescados y moluscos gastrópodos y establece límites máximos de 100 mg/kg para especies pertenecientes a estos grupos.

Para esto, se evaluó la concentración de Zinc en el tejido muscular de tres especies de interés comercial para la pesquería artesana en Chile, análisis realizados por CEAMAR Ltda., (2013)⁵⁶. Las especies analizadas corresponden a merluza común (*Merluccius gayi*), loco (*Concholepas concholepas*) y lapa rosada (*Fissurella cumingi*) provenientes de tres localidades: ensenada Chapaco, Caldera, y Coquimbo.

Los resultados del análisis espacial de la concentración de Zinc en las tres especies analizadas se presentan en la Tabla 5-62. Las concentraciones de zinc estimadas en tejido muscular de merluza común fluctúan entre 0,09 – 2,73 mg/kg; entre los 0,98-12,53 mg/kg en locos y 1,09 – 9,05 en lapa rosada. Todas las concentraciones reportadas en individuos de E. Chapaco están contenidas dentro del rango de variación reportado en individuos de las localidades de referencia. Los valores reportados en todas las localidades

⁵⁴ Nelson, P. 1996. Concentración de Metales Pesados en Invertebrados, Helófitos y Sedimento del Complejo Estuarial Valdiviano. Tesis, Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 52 p

⁵⁵ Filipović V y B Raspor. 2003. Metallothionein and metal levels in cytosol of liver, kidney and brain in relation to growth parameters of *Mullus surmuletus* and *Liza aurata* from the Eastern Adriatic Sea. *WaterResearch* 37(13) 3253-3262.

⁵⁶ CEAMAR. 2013. Análisis de la concentración de merluza común (*Merluccius gayi*), loco (*Concholepas concholepas*) y lapa rosada (*Fissurella cumingi*)

presentan concentraciones de al menos dos órdenes de magnitud inferiores a la concentración máxima de zinc (100 mg/kg) establecida por el Reglamento Sanitario de Chile para pescados y moluscos en todas las localidades analizadas. En consecuencia, no existe evidencia alguna de acumulación y/o efecto atribuible a la excedencia de Zinc en la columna de agua de E. Chapaco.

Tabla 5-62. Concentración de Zinc en el tejido muscular de individuos de merluza común (*M. gayi*), loco (*C. concholepas*) y lapa (*F. cumingi*) provenientes de Caldera, Coquimbo y E. Chapaco.

Especie	Localidad	Unidad	Zinc
<i>Merluccius gayi</i>	Caldera	mg/Kg	2,73 ± 0,30
	E. Chapaco	mg/Kg	2,69 ± 0,30
	Coquimbo	mg/Kg	0,25 ± 0,09
<i>Concholepas concholepas</i>	Caldera	mg/Kg	12,53 ± 5,46
	E. Chapaco	mg/Kg	11,75 ± 0,98
	Coquimbo	mg/Kg	10,50 ± 1,02
<i>Fissurella cumingi</i>	Caldera	mg/Kg	7,60 ± 1,29
	E. Chapaco	mg/Kg	9,05 ± 1,09
	Coquimbo	mg/Kg	8,51 ± 1,70

Otra línea de argumentos es la reportada en estudios realizados por CAP Minería en el año 2017, donde se evaluó la concentración de Zinc en individuos de siete (7) especies representativas de distintos niveles tróficos que habitan el ecosistema litoral de Caldera, Coquimbo y E. Chapaco, especies que se detallan en la Tabla 5-63.

Tabla 5-63. Número de individuos analizados por especie y sus respectivos niveles tróficos de especies provenientes de Coquimbo, Caldera y E. Chapaco

Especie	Nombre Científico	Nivel trófico	Coquimbo	E. Chapaco	Caldera
Huiro Palo	<i>Lessonia trabeculata</i>	Productor primario	30	30	30
Zooplankton	-	Producción secundaria	6	5	-
Camarón	<i>Rhynchocinetes typus</i>	Detritívoro	15	25	-
Actinia	<i>Phymanthea pluvia</i>	Filtrador/suspensívoro	30	30	26
Almeja	<i>Protothaca thaca</i>	Filtrador	30	30	30
Jerguilla	<i>Aplodactylus punctatus</i>	Herbívoro	15	15	15
Bilagay	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Carnívoro	30	30	30
Anguila	<i>Ophichthus</i> spp.	Carnívoro	15	26	-

Los resultados promedios de la concentración de Zinc en tejido muscular de cada especie y/o comunidad, analizada, junto a su desviación estándar por especie y localidad, se encuentran resumidos en la Tabla 5-64. En esta tabla también se reportan los resultados para aquellas especies que no registran normativa vigente a nivel nacional o internacional (*Iluvia phymanthea*, zooplankton, *Lessonia trabeculata* y *Rhynchocinetes typus*).

Tabla 5-64. Concentración promedio de Zinc en muestras de tejidos de siete especies y en muestras de zooplancton colectadas en tres localidades de la costa norte de Chile (Coquimbo, Caldera y E. Chapaco)

Especie	Localidad	Unidad	Zinc (Zn)
<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Caldera	mg/Kg	1,23 ± 0,32
	E. Chapaco	mg/Kg	12,31 ± 0,81
	Coquimbo	mg/Kg	12,90 ± 0,41
<i>Ophichthus spp.</i>	Caldera	mg/Kg	3,20 ± 0,52
	E. Chapaco	mg/Kg	6,97 ± 0,76
	Coquimbo	mg/Kg	7,54 ± 0,83
<i>Aplodactylus punctatus</i>	Caldera	mg/Kg	6,12 ± 0,90
	E. Chapaco	mg/Kg	5,03 ± 0,50
	Coquimbo	mg/Kg	6,95 ± 0,94
<i>Protothaca thaca</i>	Caldera	mg/Kg	17,29 ± 5,99
	E. Chapaco	mg/Kg	26,86 ± 7,70
	Coquimbo	mg/Kg	18,67 ± 14,01
<i>Phymanthaea pluvia</i>	Caldera	mg/Kg	25,45 ± 7,21
	E. Chapaco	mg/Kg	21,81 ± 5,50
	Coquimbo	mg/Kg	27,62 ± 7,63
Zooplancton	Caldera	mg/Kg	-
	E. Chapaco	mg/Kg	3,25 ± 1,41
	Coquimbo	mg/Kg	3,86 ± 2,77
<i>Lessonia trabeculata</i>	Caldera	mg/Kg	1,23 ± 0,32
	E. Chapaco	mg/Kg	2,12 ± 0,62
	Coquimbo	mg/Kg	0,57 ± 0,20
<i>Rynchocinetes typus</i>	Caldera	mg/Kg	
	E. Chapaco	mg/Kg	12,31 ± 0,81
	Coquimbo	mg/Kg	12,90 ± 0,41

Las concentraciones de zinc en el tejido muscular de las tres (3) especies de peces analizadas (*Ch. variegatus*, *Ophichthus spp.* y *A. punctatus*) presentan concentraciones menores a la concentración máxima de zinc establecida en el Reglamento Sanitario de Chile de 100 mg/kg, en todas las localidades analizadas. Mientras que para aquellas especies que no poseen regulación nacional o internacional para este elemento, las concentraciones de Zinc en especies que habitan en E. Chapaco, presentan valores similares a los reportados en individuos extraídos desde localidades de referencia. Por lo cual, **no existe evidencia alguna que indique potenciales efectos atribuibles a la excedencia de Zinc reportada en la columna de agua en el año 2017.**

En relación con el **considerando 75 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “Respecto al Hecho Infraccional N°14”. *Tal análisis podrá realizarse en base al estudio realizado por Veterinary Histopathology Center y que fue utilizado por CMP en el estudio de Impacto Ambiental del proyecto destinado a actualizar el sistema de depositación de relaves y que fue desistido en marzo de 2017.*

El Titular declara que la metodología utilizada por Veterinary Histopathology Center nunca ha sido aplicada por CAP-Minería, menos en su EIA desistido en el año 2017. El objetivo incluido en dicho informe consistió en el análisis de los efectos de los sedimentos expuestos a la descarga de relaves en E. Chapaco y de muestras de relaves sobre la infauna y epifauna de esta localidad. Objetivo que fue desarrollado a través de experimentos de estudios de toxicidad controlados, utilizando una única sustancia o mezcla de ellas (relave) sobre una amplia variedad de especies, lo cual proporcionó evidencias concretas de sus potenciales efectos. Si bien la evaluación de histopatologías en peces es considerada una herramienta útil en el monitoreo de la calidad del agua (Handy et al., 2002)⁵⁷, la casualidad de las lesiones reportadas es dependiente de una multiplicidad de factores, en muchos casos imposibles de aislar. Al contrario de los ensayos de toxicidad descritos como esenciales para determinar el impacto real producido por los contaminantes.

Es por esta razón se realizaron estudios de toxicidad no específica con organismos en distintos niveles de la trama trófica, seleccionando para ello una “batería de ensayos” y teniendo especial cuidado que el organismo “blanco” seleccionados respondieran a etapas de desarrollo, sensibilidades y tiempos de exposición distintos. Específicamente los ensayos realizados fueron realizados con la microalga *Dunaliella tertiolecta*, gametos de *Arbacia spatuligera* (erizo blanco), alevines de *Odontesthes regia* (pejerrey), juveniles del bivalvo *Aulacomia ater* (cholga), juveniles del crustáceo bentónico *Emerita análoga*. En total se trabajó con 6 especies de probada sensibilidad (respaldo científico), en 7 ensayos diferentes, con un total de 178 pruebas con sus 5 réplicas y respectivos controles.

Los resultados de estos ensayos reportaron que ni los componentes del relave, ni los sedimentos del área de E. Chapaco, así como tampoco sus elutriados, generan un efecto tóxico significativo respecto de las especies blanco analizadas.

Lo anterior se condice con los resultados de todas las pruebas químicas, cinéticas y estáticas, y los estudios de agua de poro del sedimento depositado en Chapaco, todos los cuales indican que el relave de la Planta Pellets es una especie mineral de baja reactividad cuyo intercambio con el medio marino solo se refleja en elementos que son macronutrientes.

Conclusiones

En el periodo de infracción imputado (2013-2017), la concentración de los elementos traza Cobre, Cobalto, Cromo, Plomo, Vanadio, Níquel y Zinc sobrepasan los valores normados por la guía de Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality). Las excedencias respecto de los límites máximos no son exclusivas de la E. Chapaco y también se observan en alguna de las localidades de referencia. Los valores de las concentraciones de fierro en E. Chapaco no son distintas a las reportadas en localidades como Punta Lachos, Playa Brava y Huasco.

⁵⁷ Handy RD, Runnals T, Russel PM. 2002. Histopathologic biomarkers in three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*, from several rivers in southern England that meet the freshwater fisheries directive. *Ecotoxicology* 11: 467–479.

En el año 2017, la concentración de ET de la columna de agua de E. Chapaco no fue distinta de la concentración registrada en una localidad de referencia como Caldera, una localidad de la III Región ubicada fuera de la influencia de los relaves de la Planta de Pellets de CMP. Históricamente Caldera se caracteriza por su actividad industrial, representada por puertos de embarque de mineral de hierro y productos agrícolas, terminal de depósitos de petróleo y derivados, y plantas procesadoras de recursos pesqueros, lo cual la convierte en una localidad favorable para su comparación con otras bahías de Chile con el mismo tipo de desarrollo industrial (Valdés y Castillo 2014)⁵⁸. El Zinc es el único elemento que excede las concentraciones máximas exclusivamente en E. Chapaco.

La concentración del zinc en las costas de Chile presenta un comportamiento altamente variable a escala espacial y temporal. Aun cuando las concentraciones de Zinc de E. Chapaco en el año 2017 exceden los valores propuestos por la Guía Australiana y Neozelandesa, estas concentraciones se encuentran al interior del rango de variación regional analizado en sitios no sometidos a la influencia de la descarga de relaves. Por último, se destaca que las concentraciones de este elemento en la columna de agua de esta localidad reportadas en septiembre del año en curso reportan valores bajo el límite de detección para todas las estaciones de muestreo analizadas.

Los resultados del análisis de la concentración de Zinc en muestras de tejido de merluza, loco y lapa rosada indican que ninguna de las especies analizadas excede el límite máximo de Zn permitido por la normativa nacional (100 mg/kg), para tejidos de peces frescos y moluscos gastrópodos.

Las concentraciones de zinc en muestras de tejido de tres especies de peces analizadas (*Ch. veriegatus*, *Ophichthus* spp. y *A. punctatus*), provenientes de E. Chapaco y dos localidades de referencia reportan concentraciones menores a la concentración máxima de zinc establecida en el Reglamento Sanitario de Chile de 100 mg/kg, en todas las localidades analizadas. Mientras que para aquellas especies que no poseen regulación nacional o internacional para este elemento, las concentraciones de Zinc reportadas presentan valores similares entre individuos de cada especie provenientes de E. Chapaco y localidades de referencia.

Por lo cual, no existe evidencia alguna que indique la existencia de efectos sobre la flora y fauna marina atribuibles a la excedencia de Zinc reportada en la columna de agua de E. Chapaco el 2017.

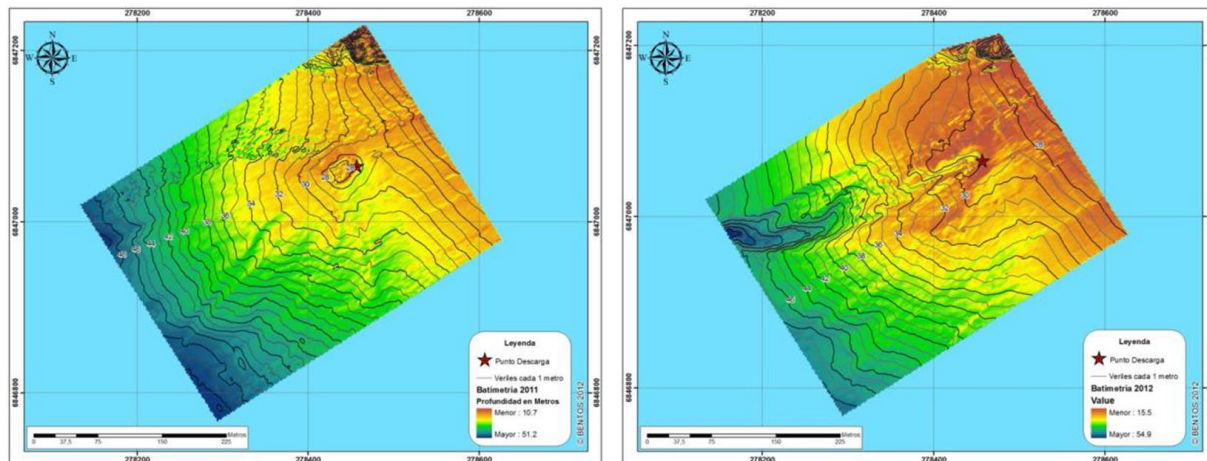
Modificación de la geomorfología del fondo marino por depositación del relave

a) Análisis batimetrías

⁵⁸ Valdés J, A Castillo (2014) Evaluación de la calidad ambiental d los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27S), Chile. Lat.Am.J.Aquat.Res.Vol 42(3): 497-513.

El análisis de la geomorfología del fondo marino en el periodo de infracción indica que las batimetrías de 2011 y 2012 son demasiado cercanas temporalmente, como para notar cambios significativos de la cota fondo. Sin embargo, en este período se registró un evento particular, el colapso del cono de sedimento (conocido en la literatura comparada como “volcán submarino”) a la salida del emisario. En la Figura 5-51 se presenta la batimetría en torno al volcán submarino en 2011 y 2012, donde se aprecia el colapso de la cima del cono y su posterior deslizamiento hacia el este. El fenómeno de avalanchamiento es un evento ocasional, propio de los flujos de sedimentos en los sustratos medios líquidos. No es posible estimar la frecuencia ni ubicación de este tipo de colapsos a partir de las mediciones disponibles.

Figura 5-51. Batimetría del volcán submarino en 2011 (arriba, izquierda) y 2012 (arriba derecha).

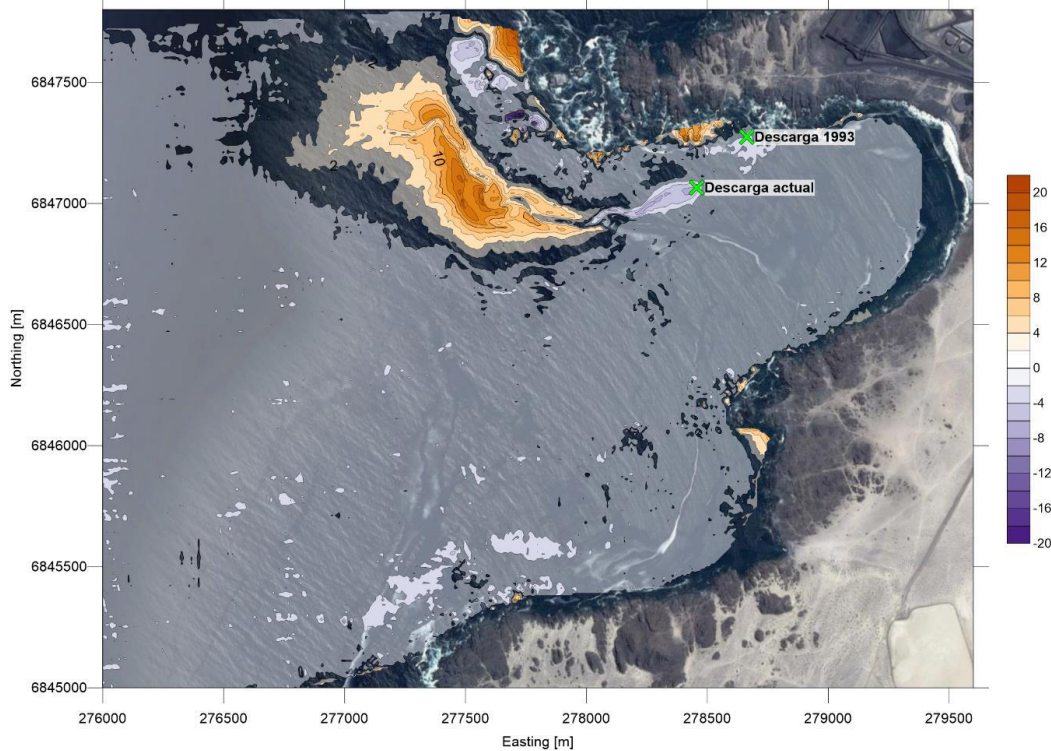


De cualquier modo, el colapso puntual observado entre 2011 y 2012, de acotada extensión espacial, tendría influencia en el desarrollo morfológico futuro de la bahía.

El patrón de acreción y erosión entre 2011 y 2017, rango temporal más cercano al periodo de infracción usado para estimar los efectos sobre la geomorfología del fondo marino, se presenta en la Figura 5-52. Al respecto se puede destacar lo siguiente:

- La acreción se produce principalmente hacia el norte de la bahía, específicamente entre la línea de costa y el sector de depositación anterior, al centro de la bahía.
- Es posible observar la creación de un canal zigzagante (meandro) al centro del depósito, lo que indica que la física de la descarga y el transporte de sedimentos siguen un patrón similar a lo ocurrido antes de 2011.
- La única erosión significativa se observa aguas abajo del punto de descarga actual. Precisamente en el punto donde se produjo el deslizamiento de una acumulación submarina mayor.

Figura 5-52. Patrón de acreción/erosión entre 2011 y 2017.



A partir de estas observaciones es posible reconstruir la historia de los depósitos en la bahía en el periodo imputado, evidenciando que, el colapso del cono a la salida del emisario en el periodo 2011-2012 desvió el flujo de sedimentos desde el canal submarino original, que se encontraba en la cima del depósito principal al centro de la bahía (-25 m), hacia una nueva ruta a menor profundidad.

Este cambio en la morfología del fondo generó un transporte del sedimento (existente y descargado) hacia una mayor profundidad. El flujo densimétrico fue generando un nuevo canal submarino, desde el cual el sedimento se desplazó hacia los costados, generando meandros y taludes en la nueva zona de acreción.

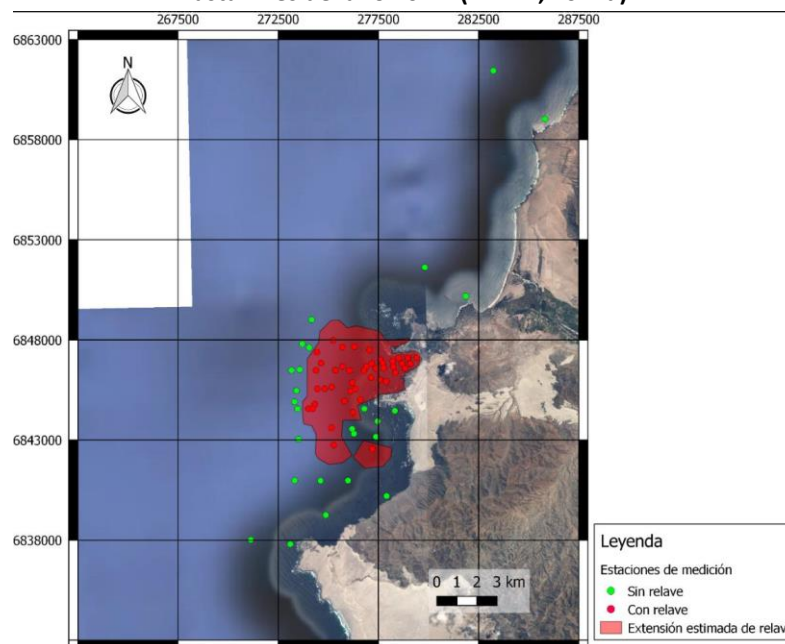
Si bien el colapso del cono fue un evento imprevisto desde la perspectiva temporal, es posible predecir su ocurrencia considerando la modelación de la acumulación de sedimento y su respectivo ángulo de reposo, lo cual permite modelar la estabilidad del depósito, y por lo tanto las futuras zonas de acreción.

b) Presencia y espesor de relave año 2018

A partir de la información obtenida por Gravity Corer, ha sido posible determinar la presencia y espesor de relaves en el fondo marino de la Ensenada de Chapaco. Utilizando la información recolectada en terreno, se generó una base de datos espaciales, en donde se indicó la presencia o ausencia de material de relave (PRDW, 2017d), la que se presenta en la Figura 5-53.

En puntos verdes se indican las estaciones de medición en donde no se observó presencia de relave, mientras que en rojo se muestran las estaciones donde se obtuvo muestras positivas de relave. A partir de estos datos se estimó el contorno del área de influencia de la descarga, indicado mediante un polígono de color rojo.

Figura 5-53. Distribución espacial de presencia de relave en muestras y estimación de zona de depósito con datos hasta fines del año 2017. (PRDW, 2017d).



A partir de los levantamientos batimétricos se ha observado que los relaves están siendo depositados hacia el lado norte de la bahía de Chapaco.

Conclusiones

Los análisis batimétricos y los corers que confirman hasta donde es posible encontrar relave en el fondo marino, dan cuenta del comportamiento que ha tenido la descarga por más de 40 años, permitiendo, además, comprobar que efectivamente se ha generado el efecto de modificación en la morfología del fondo marino. Sin embargo, es posible concluir que a pesar de los cambios observados entre los períodos analizados la depositación se encuentra limitada a las cercanías de la bahía.

A continuación, se responde al **considerando 76 de la Resolución N°13 de octubre del 2018 de la SMA**, que señala lo siguiente: *“En torno al efecto que ha sido reconocido por CMP, consistente en la modificación de la geomorfología del fondo marino, se requiere determinar los efectos concretos que dicha alteración pudo representar en la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables. Por otro lado, atendido el reconocimiento de este efecto, CMP deberá proponer acciones destinadas a contenerlos y eliminarlos o reducirlos, según se expone en los considerandos 85 al 90 de la presente resolución, a los cuales procede remitirse.”.*

En base a todos los antecedentes presentados en el análisis de efectos reportados en el Hecho 15 donde se realiza la comparación del período 2011 al 2017, se confirma que no hay efectos sobre la cantidad y calidad de recursos naturales renovables y más aún esto se refrenda con la constatación de la presencia de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en E. Chapaco.

La constatación de lo indicado se detalla en los subcapítulos presentados en el análisis de efectos del Hecho 15 se resumen a continuación:

1. Análisis comunitarios durante el periodo de infracción que da cuenta del comportamiento de todas las comunidades biológicas que potencialmente podrían haber sido impactadas, cuyas principales conclusiones señalan lo siguiente:
 - a. La estructura de las comunidades marinas del área de interés (esto es, incluyendo tanto E. Chapaco como las localidades de referencia ubicadas fuera del área de influencia de los relaves), presentan una notable homogeneidad estructural en el contexto geográfico del presente estudio. Con contadas excepciones tales como la riqueza de especies móviles del medilitoral en invierno, o la riqueza y diversidad en fondos blandos, el patrón geográfico general es de marcada homogeneidad espacial en la estructura de todos los elementos de la comunidad marina aquí analizados. Esta notable homogeneidad sugiere que los procesos que estructuran las comunidades marinas en esta región son muy parecidos entre las localidades analizadas, tanto dentro como fuera del área de influencia de la descarga de relaves producto de la operación de la Planta de Pellets de CMP.
 - b. Los únicos descriptores comunitarios que permanecen inalterados en el tiempo durante el imputado período de infracción son la cobertura de organismos sésiles en la franja infralitoral, y la densidad en submareales de fondos rocosos y sedimentarios. Es decir, el sistema aquí analizado presenta, junto con la citada homogeneidad estructural, un claro cambio estructural en el tiempo durante el período de interés. La gran mayoría de estas variaciones corresponden a incrementos en el valor de los descriptores comunitarios, ya sea la abundancia, riqueza o diversidad en el año 2017.
 - c. Asumiendo que la diversidad biológica es una condición deseable para la sustentabilidad de este ecosistema, se concluye que el sistema presenta una trayectoria favorable durante el período de infracción imputado, desde el punto de vista de la estructura y biodiversidad comunitaria.
2. Presencia de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en E. Chapaco para cuatro recursos hidrobiológicos: loco, lapa negra, lapa bonete y caracol negro. La evidencia confirma que estos recursos habitan en el sustrato rocoso del costado norte y sur de esta Ensenada Chapaco.
3. Disminución de la cobertura de la población del alga oportunista Enteromorpha spp. respecto a dos localidades de referencia, asociada a la profundización de la descarga a 25 y posteriormente a 35 metros.
4. El conjunto de antecedentes que entrega el Plan de Vigilancia Ambiental, realizado desde 1994 hasta la fecha por la Universidad Católica del Norte, que da cuenta de una clara trayectoria de recuperación que la biodiversidad de la ensenada Chapaco.

Conclusiones generales relativas a los efectos de incumplimiento con relación a contenido de sólidos (50% mínimo de contenido de sólidos) y superación del caudal máximo promedio anual del efluente líquido (4.700 m³/día)

- Desde el 2013 a 2017 se confirma solo tres días en el 2013 se confirman eventos de turbidez, sin que ellos tengan una relación directa con las condiciones de descarga del relave (no corresponde a días de mayor caudal ni menor concentración de sólidos). A partir del año 2014 no se observan nuevos eventos de turbidez en esta zona, aun cuando se constatan incumplimientos en el caudal y el porcentaje de sólidos de la descarga
- En el periodo de infracción imputado (2013-2017), la concentración de los elementos traza cobre, cobalto, cromo, plomo, vanadio, níquel y zinc sobrepasaron los valores normados por la guía de Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality) en al menos una de las localidades analizadas. En los casos en que hay excedencia en E. de Chapaco, también se verifica excedencia en alguna de las localidades de referencia. Lo anterior confirma que se reproduce la condición natural del norte de Chile y que las concentraciones de elementos trazas observadas no son exclusivas de Chapaco.
- Las concentraciones de fierro en el estrato superficial y de fondo la columna de agua de E. Chapaco no son distintas a las reportadas en localidades como Punta Lachos, Playa Brava y Huasco en campañas de invierno y primavera-verano de los años 2011 y 2017.
- En el año 2017, la concentración de ET del agua de mar de E. Chapaco no presenta diferencias significativas con las concentraciones registradas en una localidad de referencia como Caldera, una localidad de la III Región ubicada fuera de la influencia de los relaves de la Planta de Pellets de CMP.
- Al comparar las concentraciones de elementos trazas entre Caldera y Coquimbo en el año 2017, el zinc es el único elemento que se excede exclusivamente en E. Chapaco las concentraciones máximas indicadas por la guía de Australia y Nueva Zelanda.
- Si bien la geomorfología del fondo marino de E. Chapaco se ha estabilizado y el footprint (huella ecológica) se mantiene estable a partir del periodo 2011-2012 hasta el 2017, se reconoce como efecto la disminución de la profundidad de la bahía producto de la depositación constante de material sedimentable debido a la operación de la Planta de Pellets.
- Las modelaciones realizadas (validadas a través de las batimetrías recientes y cores) muestran que es posible operar controladamente la descarga del relave, manteniendo el footprint actual, al menos durante los próximos 4 años y medio.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que en el cargo N°14 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto, “El cambio en la geomorfología del fondo de la bahía Chapaco, producto de la depositación constante de material sedimentable debido a la operación de la Planta de Pellet”.

De acuerdo con todo lo expuesto a propósito del Cargo N° 14, se hace presente que el efecto sobre la geomorfología del fondo de E Chapaco es solamente un efecto físico en la bahía producto de la depositación constante de material sedimentable debido a la operación de la Planta de Pellet, sin que ello genere ningún efecto sobre la calidad y cantidad de los recursos naturales renovables, confirmándose la presencia de bancos naturales y mejorías significativas en abundancia y biodiversidad.

5.2.5 HECHO 15:

5.2.5.1 Descripción del Hecho

De acuerdo con lo indicado por la Superintendencia del Medio Ambiente, se estima como hecho constitutivo de infracción el estar "operando un sistema de depositación de relaves, que descarga dicho efluente en el mar, a 35 metros de profundidad, sin contar con la autorización ambiental respectiva. Ello se ha verificado, al menos, desde el 31 de marzo de 2017".

Lo anterior, se funda en el compromiso ambiental voluntario incorporado en el Considerando 4.2 de la RCA N° 215/2010, en el cual el titular se comprometió a que, en un plazo máximo de 18 meses contados desde la fecha de dicha resolución, ingresaría un EIA que contemple el sistema definitivo de disposición de los relaves de la Planta de Pellets, de manera de lograr una solución permanente a dicho sistema. Si bien, ello se produjo, el titular indica que con fecha 31 de marzo de 2017 se ha desistido, comprometiendo en la misma carta de desistimiento un nuevo ingreso.

5.2.5.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Se estima que las normas infringidas en este caso son las siguientes:

- Ley N° 19.300 que aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
Artículo 8: Los proyectos o actividades señalados en el artículo 10 solo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental de conformidad a la Ley.
Artículo 10: Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes:
 - i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda (...)
- D.S. 40 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, artículo 3:

Artículo 3: Tipos de proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

(...) i.3. Se entenderá por proyectos de disposición de residuos y estériles aquellos en que se dispongan residuos masivos mineros resultantes de la extracción o beneficio, tales como estériles, minero/es de baja ley, residuos de minerales tratados por lixiviación, relaves, escorias y otros equivalentes, que provengan de uno o más proyectos de desarrollo minero que por sí mismos o en su conjunto tengan una capacidad de extracción considerada en la letra i.1 anterior (5.000 t/mes).

- RCA N' 215/2010. Considerando 4.2. Descripción General del proyecto "(...)Durante el proceso de evaluación, se estableció que el actual proyecto no considera modificar el sistema de descarga al mar que se encuentra operativo producto del desarrollo del proyecto original, dado que éste se encuentra autorizado sectorialmente por la Autoridad Marítima (...). Asimismo, el titular se comprometió a que, en un plazo máximo de 18 meses contados desde la fecha de la presente resolución, ingresar al SEA a través de un Estudio de Impacto Ambiental el sistema definitivo de disposición de los relaves de la Planta Pellets, de manera de lograr una solución permanente a dicho sistema. El sistema de disposición de relaves deberá ser construido e implementado en un plazo no superior de dos años contados desde la Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria de dicho sistema".
- RCA N' 215/2010. Considerando 4.4.2.1 Efluente Minero o Relave
"{ .. .) Finalmente, y sin perjuicio de lo señalado precedentemente, el titular deberá en un plazo máximo de 18 meses contados desde la fecha de la presente resolución, someter al SEIA a través de un Estudio de Impacto Ambiental, el sistema definitivo de disposición de los relaves de la Planta de Pellets, de manera de lograr una solución permanente a dicho sistema. El sistema de disposición de relaves deberá ser construido e implementado en un plazo no superior de dos años contados desde la Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria de dicho sistema".
- RCA N' 215/2010. Considerando "Condiciones o Exigencias Específicas", 11 b)
"(...) Finalmente, y sin perjuicio de lo señalado precedentemente, el titular deberá en un plazo máximo de 18 meses contados desde la fecha de la presente resolución, someter al SEIA a través de un Estudio de Impacto Ambiental, el sistema definitivo de disposición de los relaves de la Planta Pellets, de manera de lograr una solución permanente a dicho sistema. El sistema de disposición de relaves deberá ser construido e implementado en un plazo no superior de dos años contados desde la Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria de dicho sistema"
- RCA N'215/2010 Resuelvo primero

"CALIFICAR FAVORABLEMENTE el proyecto "Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta Pellets", presentado por el Señor Erick Weber Paulus en representación de Compañía Minera del Pacífico S.A., condicionándolo al cumplimiento de todos los requisitos, exigencias y obligaciones establecidas en la presente Resolución, como asimismo al oportuno y completo cumplimiento de todos los compromisos voluntarios asumidos por el Titular. En especial, se reitera, someter al SEA a través de un Estudio de Impacto Ambiental, el sistema definitivo de disposición de relaves de la Planta Pellets, de manera de lograr una solución permanente a dicho sistema. El sistema de disposición de relaves deberá ser construido e implementado en un plazo no superior de dos años contados desde la Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria de este sistema (...)"

5.2.5.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo de la condición impuesta y que la Superintendencia considera infringida, era evaluar ambientalmente un nuevo y definitivo sistema de disposición de relaves de la Planta de Pellets. La condición indicada tiene su origen en un compromiso voluntario del titular, en el que ingresaría al SEIA el sistema definitivo de disposición de relaves de Planta de Pellets. En cumplimiento de dicha obligación el titular ingresó al SEIA el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Actualización del sistema de disposición de relaves de Planta de Pellets" con fecha 27 de junio de 2013, que consistía en la construcción y operación de un sistema mejorado de depositación submarina profunda de relaves, basado en dos tuberías gemelas que conducirían alternadamente los relaves de la producción de mineral de hierro de la Planta de Pellets, hasta un nuevo sector de depósito a aproximadamente 6.6 km mar adentro, al sur oeste de Ensenada Chapaco, el que permitiría la disposición submarina de relaves a más de 200 m bajo el nivel del mar.

El procedimiento de evaluación terminó con fecha 31 de marzo de 2017, en virtud de la resolución que acogió el desistimiento por parte del titular. En dicha carta también se precisó que los inconvenientes observados respecto del proyecto de depositación profunda de relaves, no se aplican a la descarga actual. Asimismo, el titular comprometió formalmente la elaboración e ingreso de un nuevo EIA. Dicho compromiso, formulado en conjunto con el desistimiento, no ha tenido respuesta por parte de la Comisión de Evaluación de Atacama hasta la fecha.

Debe entenderse que este cargo se refiere al incumplimiento de la obligación de evaluar ambientalmente el sistema definitivo de disposición de relaves de la Planta de Pellets, el cual, si bien ingresó al SEIA, al desistirse el titular genera, a juicio de la Superintendencia, el incumplimiento de la obligación impuesta por la RCA N° 215/2010.

5.2.5.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Debe tenerse presente que las autorizaciones tanto ambientales como sectoriales con que cuenta actualmente la descarga de relaves de la Planta de Pellets al mar (según consta en las RCAs N° 35/2001 y 215/2010) establecen que la descarga autorizada consiste en un caudal líquido de 4.700 m³/día como

promedio anual, con un porcentaje de sólidos del 50% y que alcanza un total de 5.000 toneladas/día como promedio anual.

Por otra parte, al no haberse ejecutado el proyecto presentado al SEIA y posteriormente desistido, este incumplimiento no ha generado efectos ambientales, debido a que no fue ni construido ni operado sin autorización ambiental.

Ahora bien, debe señalarse que Ensenada Chapaco no puede sino ser descrita como una zona costera de la III Región de Atacama, afectada durante 19 años por la descarga, en su zona intermareal, de colas de procesos mineros de la planta pelletizadora de hierro de CMP. A partir del año 1994 se implementó un sistema de depositación submarina, ubicado a 25 m de profundidad, lo cual tuvo como consecuencia una recuperación evidente de múltiples parámetros físicos y biológicos de este ecosistema litoral al dejarse de impactar algunos sectores cercanos a la costa. A contrario sensu se impactaron algunas áreas más profundas. Cambios que fueron aún más evidentes a partir del año 2002, cuando se realizó la profundización de esta descarga (- 35 m), **con disminución de los efectos sobre las condiciones físicas de la columna de agua, y recuperaciones de las comunidades biológicas que caracterizan esta localidad**, más aún, con evidencia que esta recuperación se mantiene hasta la actualidad, pero con sedimentación en otras áreas.

El proceso infraccional aquí observado tiene relación directa con los potenciales efectos producidos por la infracción entre los años 2013 y 2017, con principal énfasis a partir del 1 de abril del año 2017. Es por esta razón que a continuación se presenta información respecto a la evaluación de los potenciales efectos sobre distintos componentes del ecosistema litoral de E. Chapaco. Para evaluar estos efectos se ocuparon distintas aproximaciones, las cuales se detallan a continuación:

- **Análisis comunitarios durante el periodo de infracción:** Se realizó la comparación de los descriptores comunitarios riqueza (número de especies), densidad (número de individuos/m²) y diversidad (Índice de Shannon, H') entre años y localidades (E. Chapaco y localidades de referencia) para el periodo de infracción imputado (2013-2017). Para la descripción y evaluación de las comunidades biológicas en el año 2013, se utilizaron los datos contenidos en la línea de base del "Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Actualización del Sistema de Depositación de Relaves de Planta de Pellets" sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el año 2013, datos que corresponden a mediciones realizadas el año 2011. Mientras que para el año 2017 se ocuparon los datos de la línea de base de la "Declaración de Impacto Ambiental" que será sometido próximamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En ambos casos se cuenta con datos de las comunidades biológicas que habitan E. Chapaco y cuatro localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Ensenada Chapaco, Playa Brava y Punta Lachos). Con estos datos se realizaron comparaciones entre años y localidades para las siguientes comunidades biológicas:
 - Comunidades intermareales de fondos duros: Comunidad afectada por la depositación de relaves entre los años 1978-1994.

- Comunidades submareales de fondos rocosos: Comunidad afectada por la depositación de relaves entre los años 1994-2002.
- Comunidades submareales de fondos blandos: Comunidad afectada por la depositación de relaves entre los años 2002- actualidad.

Para cada comunidad se realizaron comparaciones entre los años indicados como periodo de infracción (2011-2017), además de comparaciones entre localidades, es decir entre la localidad objeto de esta evaluación (E. Chapaco) y localidades de referencia no expuestas al vertimiento diario de relaves. Con el objeto de incorporar los patrones de variación temporal de cada una de estas comunidades, se informan por separado los resultados correspondientes a la campaña de invierno y primavera-verano.

En el caso particular de las comunidades intermareales de fondos duros, se realizaron comparaciones de la abundancia, riqueza y diversidad de organismos sésiles y móviles presentes en la franja infralitoral y medilitoral del intermareal rocoso de cada localidad. Debido al bajo número de estaciones de muestreo en cada localidad de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos) los valores fueron agrupados en una nueva localidad denominada "Localidades de referencia".

Para evaluar la significancia estadística de estas comparaciones se realizaron Análisis de Varianza Factoriales, ocupando como factor de variación el año y la localidad. Se realizaron transformaciones al Log₁₀ de los descriptores comunitarios para cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los datos requeridos por esta prueba. En aquellos casos donde no fue posible cumplir con los supuestos de esta prueba, se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para la comparación de cada descriptor comunitario y para cada factor (Zar 2014).

Por último, se indica que la georreferenciación de los puntos de muestreo para las estimaciones comunitarias en cada tipo de comunidad se encuentra detallados en el Anexo 7.

- **Presencia de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en E. Chapaco año 2017.** La determinación de bancos naturales se realizó con base a las indicaciones metodológicas contenidas en la Resolución Exenta N° 2.353 de la Subsecretaría de Pesca. Para esto, se evaluó el submareal rocoso de ensenada Chapaco, incluyendo su rivera norte y sur. En la actualidad, el lecho de la ensenada además de ser utilizado por la Compañía Minera del Pacífico para la depositación submarina de relaves, corresponde a un "Área de Libre Acceso", en la cual ejercen sus actividades extractivas los pescadores artesanales, buzos y recolectores de orilla de la comuna de Huasco.

El borde costero de ensenada Chapaco fue evaluado el 22 de diciembre de 2017. La evaluación se realizó cubriendo todo el litoral de la ensenada, incluyendo los sectores cercanos al actual punto de descarga, a través de seis transectos perpendiculares a la línea de la costa. Cada transecto utilizado en la evaluación de los recursos bentónicos tuvo una extensión de 50 m de largo y un

área total de 100 m², el cual fue recorrido por un biólogo-buzo, quien realizó el conteo de los 12 recursos hidrobiológicos divididos en especies móviles (*Concholepas*, *Fissurella latimarginata*, *Fissurella cumingi*, *Fissurella costata*, *Tegula atra*, *Homalaspis plana*, *Loxechinus alba*) presentes a un metro de cada lado del eje central de cada transecto. Y recursos sésiles que forman agrupaciones y/o parches (*Lessonia trabeculata*, *Aulacomya ater*, *Calyptrea trichiformis*, *Austromegabalanus psittacus* y *Pyura chilensis*), los que se evaluaron mediante un conteo de individuos en 10 cuadrantes de 0,25 m² dispuestos a lo largo de cada transecto.

Con los datos obtenidos se calculó el Índice Ponderado de Banco Natural de Recursos Hidrobiológicos Bentónicos (IPBAN).

IPBAN = Densidad recurso biológico x superficie muestreable (%) x frecuencia de ocurrencia.

Donde la densidad del recurso corresponde al número de individuos contabilizados en la totalidad de unidades de muestreo; y la frecuencia de ocurrencia corresponde al cálculo del número total de unidades de muestreo en las que el recurso se encontró presente, dividido por el número total de unidades muestreadas.

De acuerdo con el numeral 12 de la resolución exenta N° 2.353 de la Subsecretaría de Pesca, cuando el valor calculado del IPBAN de un recurso hidrobiológico bentónico, es igual o superior al IPBAN Max correspondiente, se estimará la existencia de un banco natural.

Disminución de la cobertura de la población del alga oportunista *Enteromorpha* spp. respecto a dos localidades de referencia (Punta Lachos y Cabo Norte). Se realizó un análisis enfocado a evaluar los posibles factores ambientales asociados a la presencia de *Enteromorpha* spp. El análisis consistió en el ajuste de un Modelo Generalizado de Mínimos Cuadrados (GLS por su sigla en inglés), el que nos permitió modelar la estructura de varianza-covarianza del modelo. Previo al análisis se ajustó un modelo general lineal que luego se modeló como una estructura exponencial de varianza por la presencia de valores de varianza 0 en las covariables. El modelo final fue seleccionado a partir de un grupo de modelos considerando el criterio de información de Akaike y una prueba de razón de máxima verosimilitud como indicadores. El análisis fue realizado con el paquete “Modelos lineales de efectos mixtos (nlme)” para el programa R (Zuur et al., 2009)⁵⁹. Todas las pruebas estadísticas realizadas consideraron un nivel de significancia al 5 %

Disminución del efecto de las marejadas sobre la sedimentación en E. Chapaco. Evidenciado a través de una aproximación inicial que explica las variaciones de la sedimentación entre localidades de E. Chapaco: costado norte, ubicado a 150 m frente al ex relaveducto intermareal y costado sur, ubicado al sur del ex relaveducto, además de dos localidades de referencia. Para cada

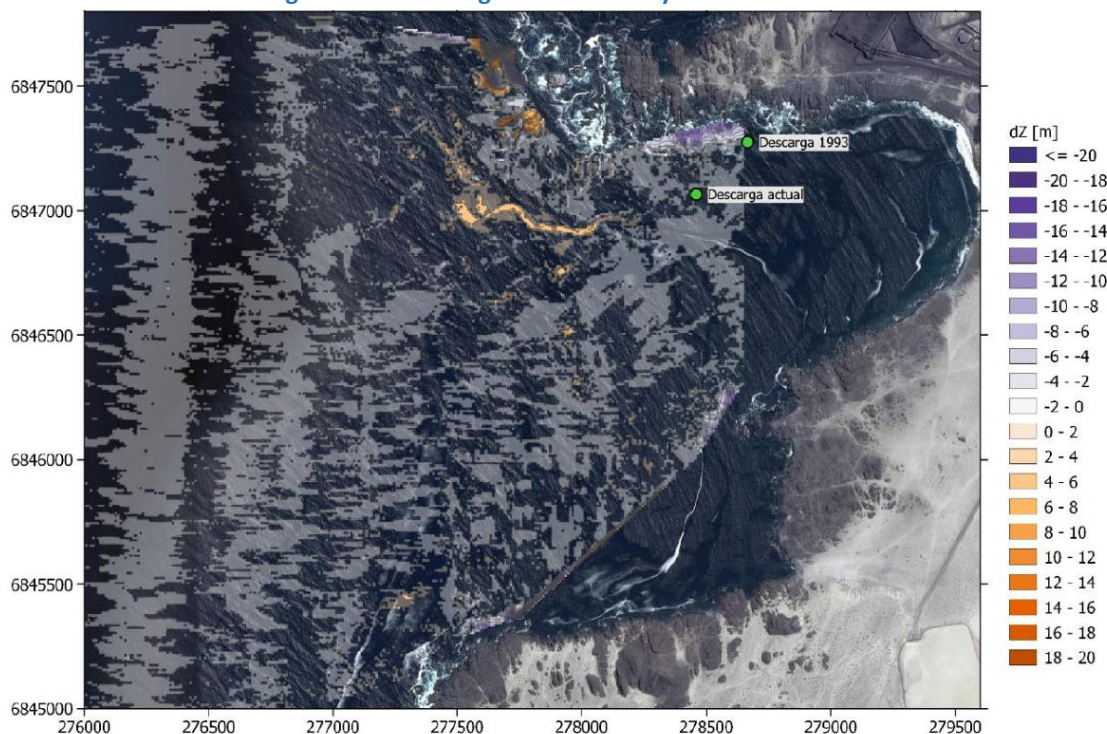
⁵⁹ Zuur, A., Ieno E., Walker N., Saveliev A., Smith G. (2009). Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer. 574 pp.

localidad se analizaron los muestreos realizados a 3 m de profundidad y para los datos comprendidos entre los años 1998 y 2008.

De forma complementaria, para evaluar los efectos sobre la sedimentación en el sector “costado norte” de E. Chapaco, se presentarán los resultados de la actividad fotosintética a distintas profundidades de la macroalga de interés comercial *Lessonia trabeculata* (huirio palo), macroalga característica de las comunidades submareales de fondos duros del norte de Chile.

Modificación de la geomorfología del fondo marino a consecuencia de la descarga de relave entre el 2017 al 2018, se ha podido determinar a través del análisis comparado entre la batimetría realizada por Skyring Marine en mayo del 2017 y en abril 2018. A continuación, se presenta la imagen que indica el área de depositación del relave en el período infraccionado, la cual evidentemente es muy menor respecto del footprint declarado.

Figura 5-54: Descarga del relave mayo 2017 a abril 2018



Fuente PRDW, 2018.

Descripción química de los relaves y sus efectos sobre la salud humana. La caracterización química de la reactividad de las muestras analizadas en el estudio elaborado para la Adenda del proyecto “Actualización

del Sistema de Depositación de Relaves de Planta de Pellets”⁶⁰ denominado “Aspectos geológicos, mineralógicos y geoquímicos del relave de Planta de Pellets”⁶¹. Este diagnóstico corresponde a una reinterpretación resumida del estudio antes mencionado en el cual se analizaron los resultados de (1) el Análisis Mineralógico de las muestras, y (2) el Test Cinético “modificado” (con una solución lixiviante de agua de mar sintética). El Test Cinético se aplicó a una muestra de relave fresco y a una muestra de sedimento marino natural, con el objetivo de comparar las tasas de liberación de solutos en ambos tipos de materiales.

Para la evaluación de los potenciales efectos del relave sobre la salud humana se presenta la actualización de la evaluación del riesgo a la salud de la población debido a la presencia de relave desde la Planta de Pellets de CAP durante más de 30 años en las aguas someras de la costa de Huasco, específicamente en la ensenada Chapaco, considerando como mecanismo de exposición potencial, la ingesta de alimentos provenientes del mar. Resultados analizados en el año 2016 y presentados en el proceso de tramitación del EIA desistido en mismo año⁶².

La metodología utilizada se basa en la Guía de Evaluación de Impacto Ambiental “Riesgo para la salud de la población”, elaborada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) de manera de abordar en profundidad los cuestionamientos relativos a “Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos” (la letra a) del artículo 11 de la Ley N° 19.300).

Análisis comunitarios durante el periodo de infracción

Consideraciones generales

La presente sección tiene el propósito de describir y comparar la estructura de la comunidad marina de E. Chapaco durante el periodo de infracción imputado. Dado que la estructura de la franja litoral y los distintos tipos de fondos marinos poseen a menudo estructuras comunitarias propias, el análisis aquí descrito consideró las siguientes unidades comunitarias: Comunidad infralitoral, comunidad medilitoral, comunidad de fondos blandos y comunidad de fondos rocosos. Adicionalmente, las comunidades infra y medilitoral fueron subdivididas en comunidad de especies de tipo sésil y de tipo móvil.

El propósito de la comparación previamente descrita se indaga la existencia o no de variaciones en la estructura comunitaria marina de E. Chapaco respecto de condiciones de referencia, tanto a nivel espacial como temporal. La referencia espacial considerada en el análisis corresponde a un conjunto de localidades de referencia ubicadas de manera adyacente a la localidad de interés, pero situadas fuera de la influencia

⁶⁰ El proyecto fue desistido del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) por Compañía Minera del Pacífico (CMP). La notificación del desistimiento fue comunicada a CMP el día 31 de marzo del año 2017. Link de descarga: <http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=c5/ff/d5b383fab88d95c68caa73e38f1e900dd274>

⁶¹ Anexo 1.31 de la Adenda: Aspectos geológicos, mineralógicos y geoquímicos del relave de Planta de Pellets, 2016. Link de descarga: http://seia.sea.gob.cl/archivos/2016/06/29/1.31_Aspectos_Geologicos_final.pdf

⁶² http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=8283652 Anexo 1.34 de la Adenda 1.

de la descarga de relaves que existe en el área de E. Chapaco. De modo análogo, el análisis consideró como marco de referencia temporal la condición de las comunidades al inicio y al final del período de infracción imputado. Los descriptores de la estructura comunitaria considerados en dicha comparación fueron la riqueza de especies, la densidad de individuos y el índice de diversidad comunitaria de Shannon.

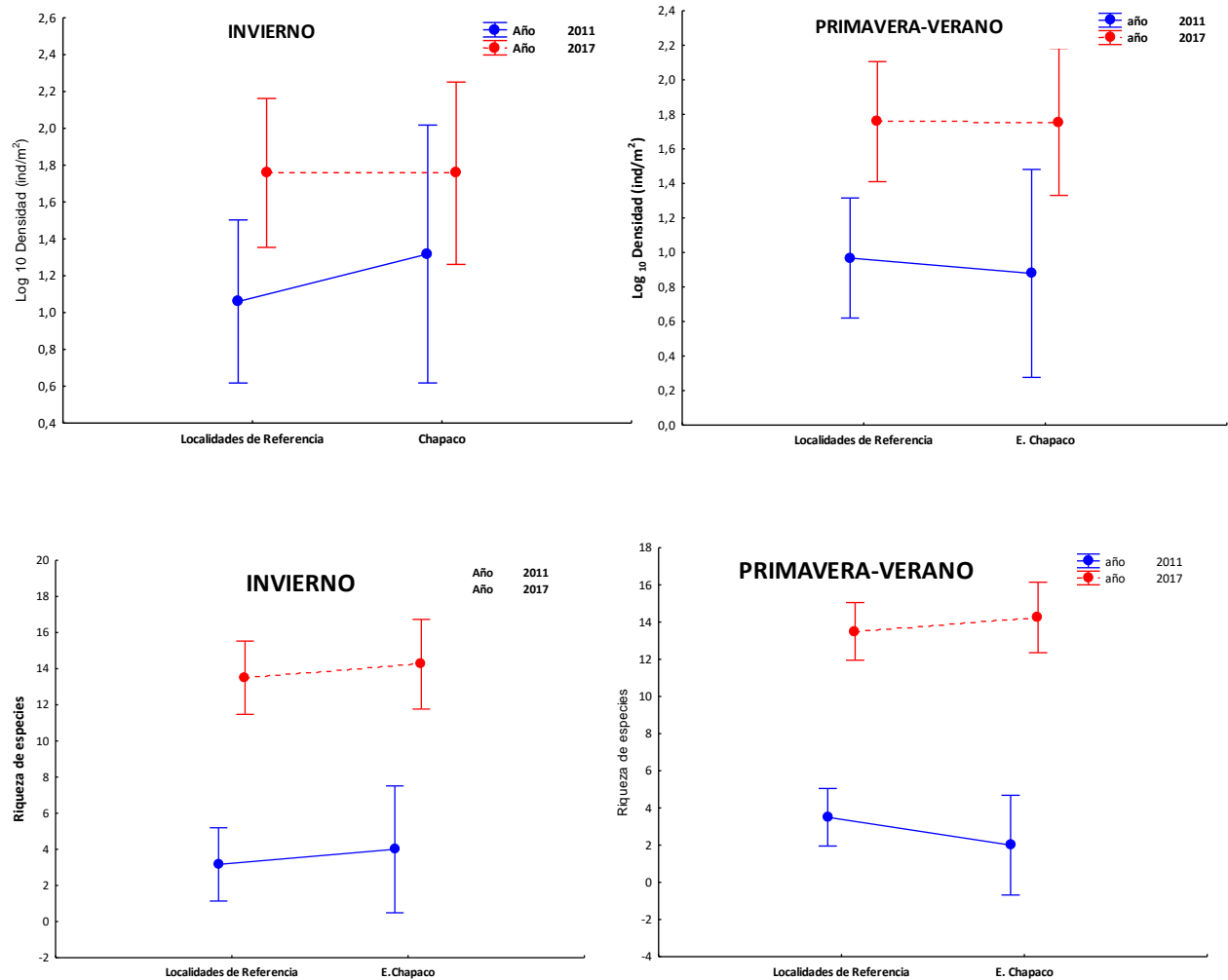
Dado que los descriptores comunitarios mencionados pueden presentar variabilidad tanto espacial como temporal, el diseño experimental elegido fue el análisis de varianza (ANOVA) de tipo factorial, donde los factores de variación evaluados para cada uno de los descriptores comunitarios fueron la ubicación geográfica (localidad de muestreo) y el tiempo (año de muestreo). Los niveles de variación para el factor localidad son los distintos sitios de muestreo (dentro o fuera de la influencia del relave), mientras que los niveles de variación del tiempo son el año en que se realizó el registro: 2011 o 2017, representando respectivamente el inicio y el fin del imputado período de infracción. Para algunas comparaciones, la distribución de datos no cumplió los supuestos del ANOVA factorial; en esos casos la prueba fue reemplazada por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Comunidad intermareal de especies móviles - Franja Infralitoral

La Tabla 5-65 muestra los valores de significancia para los factores de variación considerados sobre los descriptores de estructura comunitaria, para las especies móviles de la franja infralitoral. El primer resultado que se debe considerar es que los factores “año” y “localidad” no presentan una interacción significativa para el descriptor “densidad” y tampoco para el descriptor “riqueza”. Lo anterior significa que la variación entre los niveles de un factor no depende de la variación del mismo descriptor comunitario entre los niveles del otro factor de interés. Por lo tanto, es posible analizar los resultados de ambos factores (año y localidad) de manera independiente. En este contexto, vemos que el factor “localidad” no presenta diferencias significativas en el espacio, respecto de la riqueza de especies ni respecto de la densidad de individuos. En otras palabras, la densidad de individuos y la riqueza de especies son idénticas al comparar E. Chapaco con las localidades de referencia (esto es, dentro o fuera del área de influencia del relave) para el caso de la comunidad infralitoral de especies móviles. Por el contrario, tanto la riqueza como la densidad son significativamente diferentes respecto del factor “año de muestreo”. Como puede constatare en la Figura 5-55, tanto la densidad como la riqueza de especies infralitorales móviles se incrementaron hacia el final del imputado período de infracción (año 2017), comparado con los mismos descriptores al inicio del mismo período (2011) en esta sección de la comunidad marina.

El tercer descriptor comunitario evaluado es la diversidad, a través del índice de Shannon. Es importante enfatizar que este índice es una función no-lineal de los dos descriptores previos, por lo que, y pese a estar formulado con las variables riqueza de especies y abundancia relativa, su variación espacial y temporal puede ser distinta a la exhibida por dichos descriptores comunitarios. Así ocurre en este caso, pues a diferencia de la riqueza y densidad de la comunidad infralitoral móvil, los factores “año” y “localidad” si presentan una interacción significativa en la variación del índice de diversidad de Shannon (Tabla 5-65). Este resultado implica que la variación de la diversidad en el tiempo depende de la variación de este mismo descriptor en el espacio y viceversa. Por este motivo, no es estadísticamente posible (ni tiene sentido) sacar conclusiones sobre la variación de los factores por separado. En otras palabras, sólo es posible concluir que la variación de la diversidad en el tiempo no puede separarse de su variación en el espacio.

Figura 5-55. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.



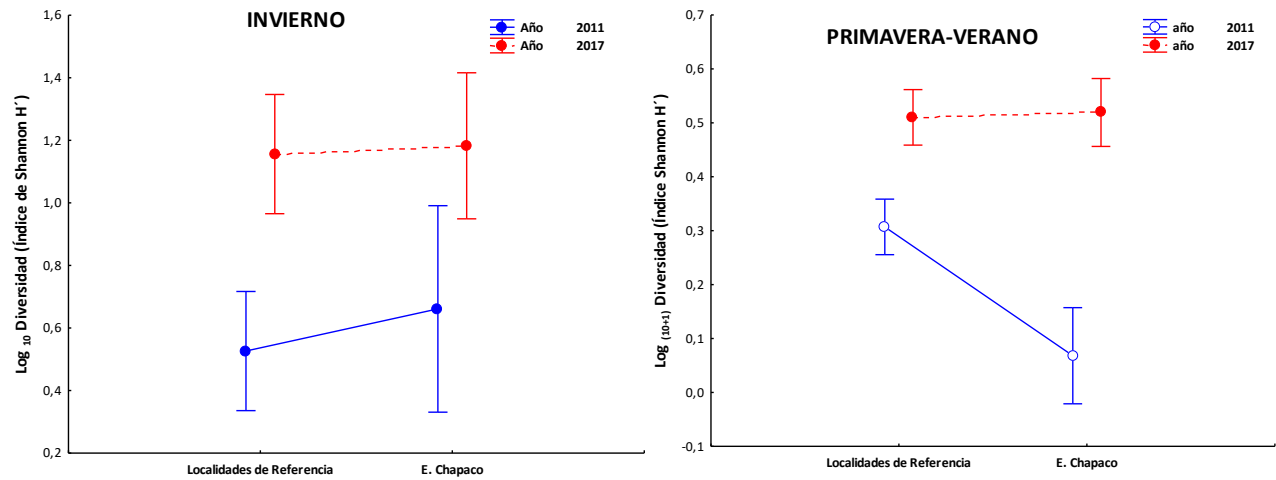


Tabla 5-65. Resultados del Análisis de Varianza Factorial para la comunidad de especies móviles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Descriptor comunitario	Campaña	Factor	g.l.	F	P
Densidad	Invierno	Año	1,14	5,507	0,035
		Localidad	1,14	0,279	0,605
		Año*Localidad	1,14	0,287	0,601
	Primavera	Año	1,14	16,288	0,001
		Localidad	1,14	0,048	0,829
		Año*Localidad	1,14	0,044	0,835
Riqueza	Invierno	Año	1,14	72,91	<0,001
		Localidad	1,14	0,431	0,488
		Año*Localidad	1,14	0,001	0,64
	Primavera	Año	1,14	146,233	<0,001
		Localidad	1,14	0,166	0,689
		Año*Localidad	1,14	1,495	0,241
Diversidad	Invierno	Año	1,14	25,836	<0,001
		Localidad	1,14	0,506	0,488
		Año*Localidad	1,14	0,228	0,64
	Primavera	Año	1,14	114,44	<0,001
		Localidad	1,14	14,121	0,002
		Año*Localidad	1,14	16,434	0,001

Comunidad intermareal de especies sésiles-Franja infralitoral

Para el caso de la comunidad de especies sésiles de la franja infralitoral, los factores “año” y “localidad” no presentan interacción significativa para ninguno de los tres descriptores comunitarios considerados (Tabla 5-66). Por lo tanto, es posible analizar cada factor independientemente.

Análogamente a la comunidad de especies móviles de esta franja, ningún descriptor comunitario difiere entre E. Chapaco y las localidades de referencia aledañas al área de influencia. Al contrario, si es posible observar diferencias significativas de la riqueza de especies y la diversidad en el tiempo (Tabla 5-66): el promedio de riqueza y diversidad al final del imputado periodo de infracción es mayor que el registrado al inicio del mismo intervalo de tiempo.

Tabla 5-66. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la comunidad de especies sésiles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadístico de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Descriptor comunitario	Campaña	Factor	g.l.	H	P
Cobertura	Invierno	Año	1,18	1,442	0,229
		Localidad	1,18	0,879	0,348
	Primavera	Año	1,18	0,334	0,563
		Localidad	1,18	0,178	0,673
Riqueza	Invierno	Año	1,18	12,683	<0,001
		Localidad	1,18	0,795	0,372
	Primavera	Año	1,18	12,723	<0,001
		Localidad	1,18	0,974	0,323
Diversidad	Invierno	Año	1,18	12,631	<0,001
		Localidad	1,18	0,877	0,349
	Primavera	Año	1,18	12,631	<0,001
		Localidad	1,18	1,061	0,302

Comunidad intermareal de especies móviles-Franja Medilitoral

Para el caso de la comunidad de especies móviles de la franja medilitoral, los factores “año” y “localidad” no presentan interacción significativa para la riqueza ni la densidad (Tabla 5-67). Por lo tanto, es posible analizar cada factor independientemente.

El factor “localidad” no presentó diferencias significativas entre los sitios ubicados dentro y fuera del área de influencia del relave para la densidad, pero si para la riqueza de especies de E. Chapaco, que presentó un incremento significativo respecto de las localidades de referencia. Adicionalmente, la densidad de individuos y riqueza de especies móviles que habitan esta franja reportaron significativos desde el inicio y hasta el fin del imputado período de infracción (Figura 5-56, Tabla 5-67).

Debido a la naturaleza de los datos, la diversidad fue analizada mediante pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, tratando los factores como independientes. De acuerdo con estos resultados, la diversidad es significativamente menor en E. Chapaco comparada con las localidades de referencia (Tabla 5-68), sólo para el caso de los muestreos de invierno, pero no para las campañas de primavera, que no presentan diferencias significativas entre sitios. No obstante, lo anterior, respecto del factor “año”, los registros de

diversidad son significativamente mayores hacia el final del imputado período de infracción, en comparación con el inicio de este (datos no mostrados).

Figura 5-56. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.

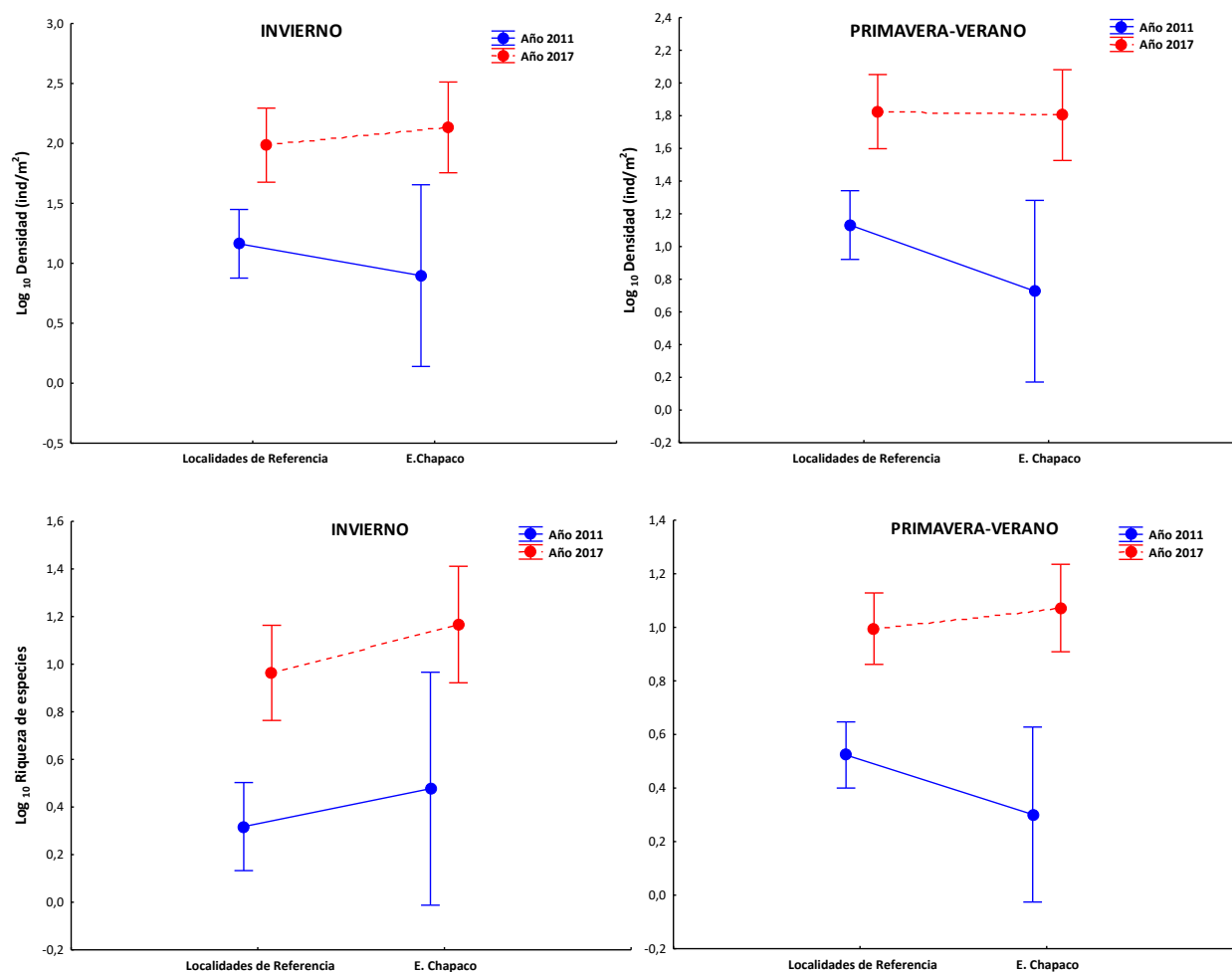


Tabla 5-67. Resultados del Análisis de varianza de dos vías para la comunidad de especie móviles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallas los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Campaña	Descriptor comunitario	Factor	g.l.	F	P
Invierno	Densidad	Año	1,14	31,080	<0,001
		Localidad	1,14	0,339	0,570
		Año*Localidad	1,14	2,557	0,132
		Año	1,14	29,971	<0,001
		Localidad	1,14	1,735	0,209
		Año*Localidad	1,14	1,402	0,256
Primavera	Riqueza	Año	1,14	56,606	<0,001
		Localidad	1,14	5,455	0,034
		Año*Localidad	1,14	4,417	0,054
		Año	1,14	42,683	<0,001
		Localidad	1,14	0,582	0,458
		Año*Localidad	1,14	2,479	0,138

Tabla 5-68. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la diversidad de especies móviles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallas los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Campaña	Descriptor comunitario	Factor	g. l	H	P
Invierno	Diversidad	Año	1,18	12,684	<0,001
		Localidad	1,18	5,856	0,015
		Año	1,18	11,400	<0,001
		Localidad	1,18	2,975	0,845

Comunidad intermareal de organismos sésiles-Franja Medilitoral

Para el caso de las especies sésiles, el descriptor “densidad” es reemplazado por “cobertura” (% de sustrato ocupado) en la franja medilitoral. La cobertura de los organismos sésiles no presentó ninguna diferencia significativa entre localidades. El factor año no se analizó para este descriptor comunitario debido al bajo número de réplicas disponibles.

La riqueza y diversidad de especies sésiles no presentó diferencias significativas entre localidades en ninguna de las campañas analizadas. Por el contrario, ambos descriptores comunitarios reportaron

diferencias significativas entre años de muestreo, y en todos los casos con valores mayores a los iniciales al final del imputado período de infracción (Tabla 5-69).

Tabla 5-69. Resultados del Análisis de Kruskal-Wallis para la diversidad de especies sésiles que habitan la franja medilitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Kruskal-Wallis (H) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Descriptor comunitario	Campaña	Factor	g. l	H	P
Cobertura	Invierno	Año	-	-	-
		Localidad	1,18	0,045	0,831
	Primavera	Año	-	-	-
		Localidad	1,18	0,009	0,922
Riqueza	Invierno	Año	1,18	12,631	<0,001
		Localidad	1,18	0,229	0,632
	Primavera	Año	1,18	9,425	0,002
		Localidad	1,18	0,794	0,373
Diversidad	Invierno	Año	1,18	12,631	<0,001
		Localidad	1,18	0,18	0,671
	Primavera	Año	1,18	11,4	<0,001
		Localidad	1,18	1,482	0,223

Comunidad Submareal de fondos rocosos

Para el caso de la comunidad de fondos rocosos, los factores “año” y “localidad” no presentan interacción significativa para ninguno de los descriptores comunitarios (Tabla 5-70). Por lo tanto, es posible analizar cada factor independientemente.

La densidad de individuos no difiere significativamente en los fondos rocosos, tanto entre E. Chapaco y las localidades de referencia como entre los extremos del período de infracción imputado. Por otra parte, tanto la riqueza como la diversidad se incrementan significativamente durante el imputado período de infracción, mientras que el mismo descriptor es idéntico entre E. Chapaco y las localidades de referencia ubicadas fuera del área de influencia del relave (Figura 5-57 y Tabla 5-70).

Figura 5-57. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para organismos móviles presentes en la franja intermareal. Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.

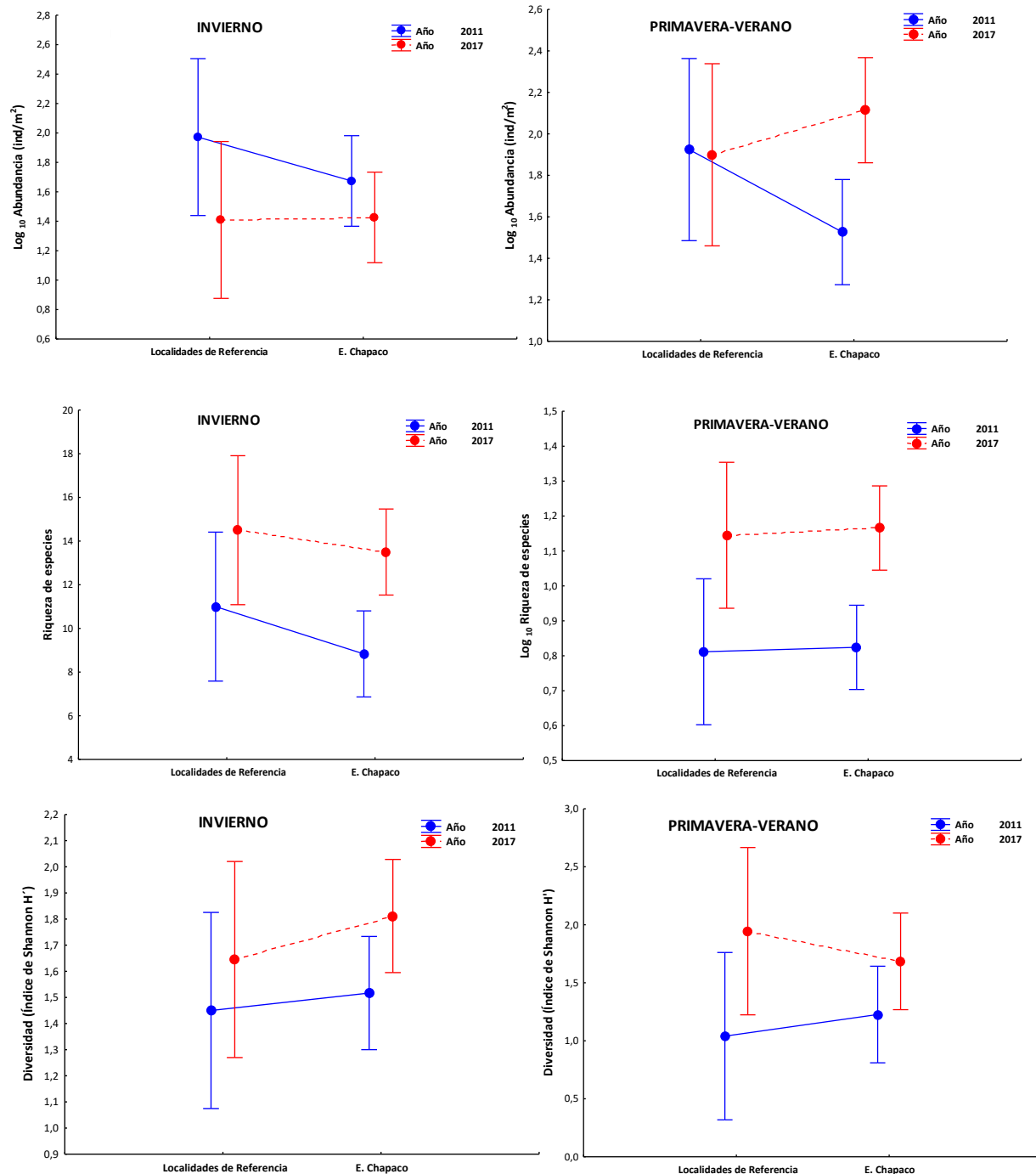


Tabla 5-70. Resultados del Análisis de Varianza de dos vías para la comunidad de especies móviles que habitan la franja infralitoral del intermareal rocoso de E. Chapaco y localidades de referencia. Se detallas los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En rojo se destacan los valores significativos para cada comparación.

Descriptor comunitario	Campaña	Factor	g. l	F	P
Densidad	Invierno	Año	1,12	4,118	0,065
		Localidad	1,12	0,493	0,496
		Año*Localidad	1,12	0,624	0,444
	Primavera	Año	1,12	2,921	0,113
		Localidad	1,12	0,308	0,588
		Año*Localidad	1,12	3,467	0,087
Riqueza	Invierno	Año	1,12	10,203	0,007
		Localidad	1,12	1,534	0,239
		Año*Localidad	1,12	0,208	0,656
	Primavera	Año	1,12	18,586	<0,001
		Localidad	1,12	0,045	0,834
		Año*Localidad	1,12	0,002	0,959
Diversidad	Invierno	Año	1,12	0,035	0,107
		Localidad	1,12	0,688	0,422
		Año*Localidad	1,12	0,126	0,728
	Primavera	Año	1,12	6,362	0,026
		Localidad	1,12	0,018	0,894
		Año*Localidad	1,12	0,683	0,424

Comunidades Submareales de fondos blandos

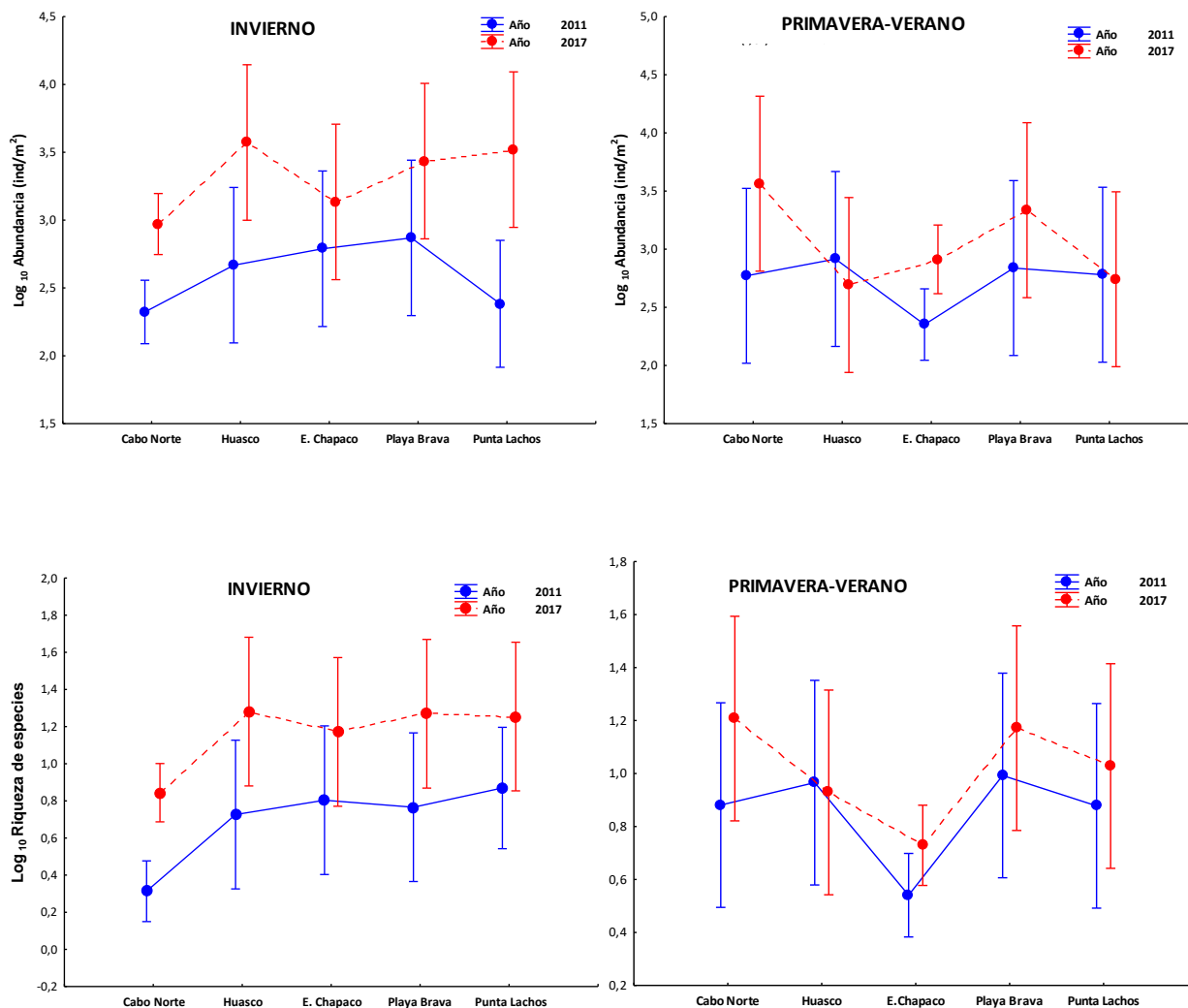
Para el caso de la comunidad de fondos blandos, los factores “año” y “localidad” no presentan interacción significativa para ninguno de los descriptores comunitarios (Tabla 5-71). Por lo tanto, es posible analizar cada factor independientemente.

La densidad de individuos en los fondos blandos se incrementa significativamente (Tabla 5-71 y Figura 5-58) durante el período de infracción imputado, pero sólo durante los registros de invierno, permaneciendo inalterada en los registros de primavera-verano.

La riqueza de especies difiere significativamente entre localidades y entre años de muestreo, pero solamente para los registros de invierno, siendo idéntica entre localidades y años de muestreo para los registros de primavera-verano. La riqueza promedio en los registros de invierno es mínima en la localidad “Cabo Norte”, creciendo a valores similares en el resto de las localidades, incluida E. Chapaco (Tabla 5-71 y Figura 5-58).

La diversidad comunitaria difiere significativamente entre años y entre localidades de muestreo, tanto para las campañas de invierno como de primavera-verano. Las mínimas de diversidad en invierno y primavera-verano ocurren respectivamente en las localidades de Playa brava y Huasco. La tendencia de los valores de diversidad entre años de muestreo, y considerando sólo los muestreos de primavera-verano, no presentan ningún patrón evidente: algunas localidades incrementan el promedio del índice de diversidad mientras otras lo disminuyen durante el imputado período de infracción. Cuando se considera sólo los registros de invierno, todas las localidades incrementan el valor promedio del índice de diversidad durante dicho período (Tabla 5-71 y Figura 5-58).

Figura 5-58. Resultado del Análisis de varianza de dos vías para para la comunidad del submareal de fondos sedimentarios de E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Punta Lachos y Playa Brava). Se presentan los valores promedio y sus respectivos intervalos de confianza para cada descriptor comunitario.



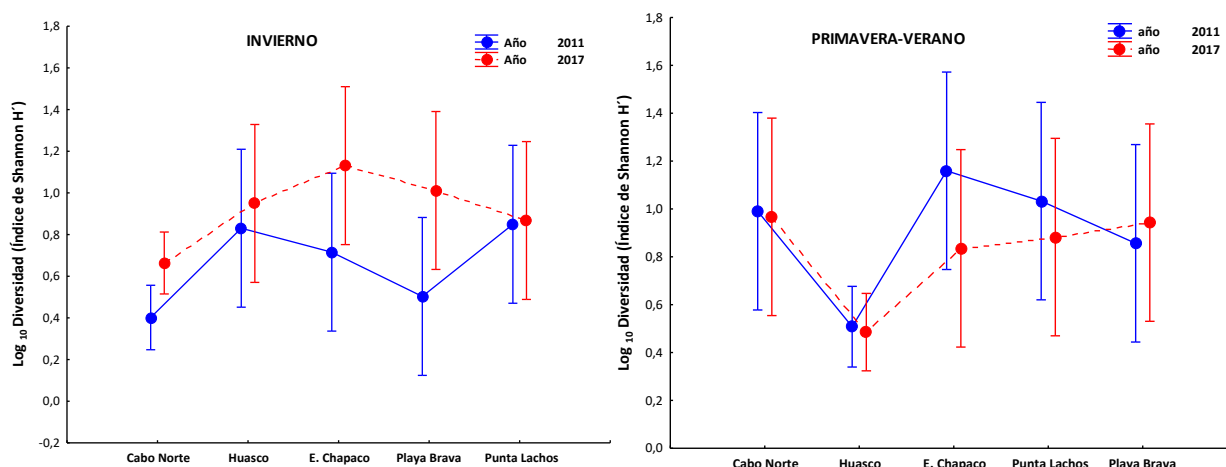


Tabla 5-71. Resultados del Análisis de Varianza Factorial para la comunidad del submareal de fondos sedimentarios de E. Chapaco y localidades de referencia (Cabo Norte, Huasco, Punta Lachos y Playa Brava). Se detallan los grados de libertad (g.l.), el valor del estadígrafo de Fisher (F) y el valor de significancia (p). En negrita se destacan los valores significativos para cada comparación.

Descriptor comunitario	Campaña	Factor	g. l	F	P
Densidad	Invierno	Año	1,32	20,508	<0,001
		Localidad	4,32	2,686	0,050
		Año*Localidad	4,32	0,679	0,611
	Primavera	Año	1,31	2,229	0,145
		Localidad	4,31	1,383	0,262
		Año*Localidad	4,31	0,816	0,524
Riqueza	Invierno	Año	1,32	17,767	<0,001
		Localidad	4,32	6,364	<0,001
		Año*Localidad	4,32	0,136	0,967
	Primavera	Año	1,31	2,182	0,149
		Localidad	4,31	4,887	0,003
		Año*Localidad	4,31	0,243	0,911
Diversidad	Invierno	Año	1,32	228,624	<0,001
		Localidad	4,32	7,663	0,009
		Año*Localidad	4,32	0,391	0,8136
	Primavera	Año	1,31	220,364	<0,001
		Localidad	4,32	6,415	<0,001
		Año*Localidad	4,32	0,333	0,853

Conclusiones

Todos los análisis aquí presentados consideraron tres descriptores de la estructura comunitaria (densidad, riqueza y diversidad), evaluando sus fuentes de variación espacial y temporal. Los niveles de variación de estos factores se eligieron para representar i) zonas dentro y fuera del área de influencia del relave y ii) el inicio y término del período de infracción imputado (entre el 2011 y el 2017). A modo de conclusión, es posible establecer dos patrones de gran generalidad que emergen en el presente estudio: respecto de los tres descriptores comunitarios considerados, se observa una marcada homogeneidad estructural en contexto geográfico, junto con una tendencia al incremento en los valores de dichos descriptores durante el período de tiempo de interés.

Homogeneidad estructural

La estructura de las comunidades marinas del área de interés (esto es, incluyendo tanto E. Chapaco como las localidades de referencia ubicadas fuera del área de influencia de los relaves), presentan una notable homogeneidad estructural en el contexto geográfico del presente estudio: es decir, con contadas excepciones tales como la riqueza de especies móviles del medilitoral en invierno, o la riqueza y diversidad en fondos blandos, el patrón geográfico general es de marcada homogeneidad espacial en la estructura de todos los elementos de la comunidad marina aquí analizados (ausencia de diferencias significativas entre sitios para la mayoría de las comparaciones realizadas). Esta notable homogeneidad sugiere que los procesos que estructuran las comunidades marinas en esta región son muy parecidos entre las localidades analizadas, tanto dentro como fuera del área de influencia de la descarga de relaves producto de la operación de la Planta de Pellets de CMP.

Incremento en los valores de los descriptores comunitarios durante el imputado período de infracción

Los únicos descriptores comunitarios que permanecen inalterados en el tiempo durante el imputado período de infracción son la cobertura de organismos sésiles en la franja infralitoral, y la densidad en submareales de fondos rocosos y sedimentarios. Es decir, el sistema aquí analizado presenta, junto con la citada homogeneidad estructural, un claro cambio estructural en el tiempo durante el período de interés. La gran mayoría de estas variaciones corresponden a incrementos en el valor de los descriptores comunitarios, ya sea la abundancia, riqueza o diversidad.

Corolario.

Considerando simultáneamente los argumentos de homogeneidad geográfica y tendencia al incremento de los valores de los descriptores comunitarios en el tiempo, es posible postular que el sistema aquí analizado corresponde a una comunidad marina que responde a los mismos procesos ecológicos estructuradores en el espacio y en el tiempo, cuya consecuencia es una alta homogeneidad geográfica junto con una tendencia sincrónica de incremento en los valores de los descriptores comunitarios. Dicho de otro modo, cuales fueren los procesos responsables de estructurar esta comunidad, son aparentemente los mismos dentro y fuera de E. Chapaco. Adicionalmente, el resultado de la acción de dichos procesos es aparentemente incrementar en el tiempo la densidad de individuos, la riqueza de especies y por lo tanto la diversidad biológica. Asumiendo que la diversidad biológica es una condición deseable para la sustentabilidad de este ecosistema, se concluye que el sistema presenta una trayectoria

favorable durante el período de infracción imputado, desde el punto de vista de la estructura y biodiversidad comunitaria.

Presencia de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en E. Chapaco año 2017

El término “banco” se utiliza para referirse libremente a una agregación de individuos en un área determinada, y se asocia a áreas o sitios donde se “mantienen y/o almacenan” especies, individuos o sus partes para su posterior uso, directo y/o indirecto. En la literatura, pocos autores especifican lo que se entiende por “banco”, refiriéndose generalmente a “bancos” como zonas de agregación de recursos hidrobiológicos, con límites subjetivos, según los intereses de quien los observe (ej. científico) (Zaixso, 2004⁶³) o de quien los utilice (ej. pescador) (Barahona et al., 2003⁶⁴). De igual forma, en la ley general de pesca y acuicultura (Titulo VI Párrafo I Ley 19.492) se refieren a bancos naturales como áreas donde existe la presencia de recursos hidrobiológicos.

Los sectores donde se concentran los “bancos” o agregaciones se consideran zonas de refugio para poblaciones de individuos adultos y/o zonas de “semilleros naturales” (“seeding-grounds”), es decir, zonas fuente de exportación de larvas o esporas a áreas adyacentes o lejanas que tienen repercusiones en la distribución de los recursos a una mayor escala geográfica (Poulin et al., 2002a⁶⁵). Estas áreas mantienen las agregaciones de individuos adultos, las cuales aseguran los procesos reproductivos y la posterior dispersión larval dado la alta capacidad de transporte de las especies marinas en sus etapas larvales (gastropodos, erizos, lapas, tunicados), juveniles o adultas (ostiones, cefalópodos, crustáceos) (Castilla y Pino, 1996⁶⁶).

En términos pesqueros, los bancos podrían generar procesos de repoblamiento, lo que a largo plazo puede repercutir en la estabilidad y sustentabilidad de las pesquerías de zonas adyacentes (González et al., 2005⁶⁷), y de igual forma tendría repercusiones en la acuicultura (captación de semillas) (Avendaño y Cantillán, 1997⁶⁸).

En E. Chapaco, de los 12 recursos hidrobiológicos identificados y evaluados, sólo 4 constituyeron bancos naturales. Dentro de este grupo se encontraron el loco, lapa negra, lapa bonete y caracol negro. Por otro

⁶³ Zaixso, H. (2004). Bancos de cholga *Aulacomya atra* (Molina) (Bivalvia: Mytilidae) del golfo San José (Chubut, Argentina): Diversidad y relaciones con facies afines. Revista de Biología Marina y Oceanografía 39: 61- 78.

⁶⁴ Barahona, N., Orensanz J.M., Parma A.M., Jerez G., Romero C., Miranda H., Zuleta A., Catasti V., Gálvez P. (2003). Bases Biológicas para rotación de áreas en el recurso erizo. Proyecto FIP 2000-18. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.

⁶⁵ Poulin, E., Palma A.T., Leiva G., Narváez D., Pacheco R., Navarrete S.A., Castilla J.C. (2002a). Temporal and spatial variation in the distribution of epineustonic competent larvae of *Concholepas concholepas* along the central coast of Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser. 229: 95-104

⁶⁶ Castilla, J.C. y Pino C. (1996). The small-scale fishery of the red sea urchin, *Loxechinus albus* (Molina, 1782), in Chile and the management and exploitation Area of “Caleta” EL Quisco. Out of the shell 5: 5-8.

⁶⁷ González, J., Tapia C., Wilson A., Stotz W., Orensanz J.M., Parma A., Valero J., Catrileo M., Garrido J. (2005). Bases biológicas para la evaluación y manejo de metapoblaciones de loco en la III y IV Regiones. Informe final. Fip 2002-16. Ifop.

⁶⁸ Avendaño M, Cantillán M (1997) Necesidad de crear una reserva marina de ostiones en el banco de la rinconada (Antofagasta-II Región, Chile). Estud. Oceanol. 16: 109-113.

lado, el huero palo no constituyó banco natural, aunque el valor del IPBAN estuvo próximo al IPBANMax (ver Tabla 5-72).

Tabla 5-72. Valores de los distintos parámetros utilizados para el cálculo de IPBAN. En negrita se destacan los valores de IPBAN de los recursos considerados bancos naturales.

Recurso	Frecuencia de ocurrencia	Densidad (ind/m ²)	% área muestreable	IPBAN	IPBANMax
Sésiles					
<i>Lessonia trabeculata</i>	0,66	0,416	100	27,78	33,74
<i>Aulacomya ater</i>	0,016	0,016	100	0,27	93,88
<i>Calyptraea trichiformis</i>	0,33	0,25	100	8,33	65,29
<i>Austromegabalanus psittacus</i>	0,66	0,83	100	137,77	400
<i>Pyura chilensis</i>	0,5	0,5	100	25	850
Móviles					
<i>Concholepas concholepas</i>	1	0,07	100	7	3,77
<i>Fissurella latimarginata</i>	0,5	0,03	100	1,5	1,001
<i>Fissurella cumingi</i>	0,33	0,03	100	0,99	1,001
<i>Fissurella costata</i>	0,66	0,04	100	2,64	1,001
<i>Tegula atra</i>	1	0,02	100	2	1,001
<i>Homalaspis plana</i>	0,5	0,02	100	1	2,59
<i>Loxechinus alba</i>	0,33	0,01	100	0,33	3,27

Para el recurso loco, la Subsecretaría de Pesca ha reportado una alta variabilidad en la densidad de este recurso dentro de las AMERBs (Subsecretaría de Pesca, 2017)⁶⁹. En los inicios de la implementación de esta medida administrativa se reportó una densidad de 0,29 ind/m², con un rápido aumento, alcanzando 1,33 ind/m² en el 2003 (Subsecretaría de Pesca, 2017). En la actualidad, se ha estimado que este recurso tendría una densidad de 0,98 ind/m² en las AMERBs, densidad mayor a la determinada para E. Chapaco que alcanzó a 0,07 ind/m², sin embargo, esta densidad fue suficiente para que el IPBAN determinara que E. Chapaco estuviese bajo la denominación de Banco Natural.

En el caso de *F. latimarginata*, al igual que el loco, E. Chapaco sería un banco natural con una densidad de 0,03 Ind/m², resultado inferior al registrado en el sector de Pan de Azúcar de la Región de Atacama de 0,18 Ind/m², pero próximos a los valores reportados en Fray Jorge, Región de Coquimbo (0,067 Ind/m²) por González et al. (1999)⁷⁰.

Por último, para los recursos *F. costata* y *T. atra*, el área de E. Chapaco también fue considerada un banco natural. Estos recursos, aunque no son muy explotados por los buzos y orilleros, aparecen en las estadísticas del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

⁶⁹ Subsecretaría de Pesca. 2017. http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-98539_documento.pdf, marzo de 2018.

⁷⁰ González J., J. Garrido, G. Jerez, A. Wilson, E. Figueroa, C. Toledo, C. Cortes, A. Olguín, J. Vásquez, W. Stotz, L. Olivares, A. Pacheco, D. Lancellotti, L. Prado, D. Veliz, L. Caillaux y M. Olivares. (1999). Estudio piloto ecológico y socioeconómico en áreas potenciales de reserva marina en la III y IV Regiones. Informe Final FIP 97-45.

En síntesis, Ensenada Chapaco a pesar de la depositación permanente de relaves en el periodo de infracción imputado es Banco Natural para cuatro recursos hidrobiológicos, loco, lapa negra, lapa bonete y caracol negro. Recursos que habitan en el sustrato rocoso del costado norte y sur de esta ensenada.

Presencia de caladeros, sitios de captura e ingresos provenientes de la recolección de algas.

La flota artesanal realiza sus faenas de captura muy próxima al borde costero, casi exclusivamente dentro de la milla y en casos extraordinarios realizan actividades más allá de las 5 millas marinas (e.g. pesca albacora). Tal como se puede observar en la Figura 5-59, según lo indicado por pescadores artesanales de Huasco (Com. pers. Luis López, Abraham Salamanca, Alex Álvarez, Moisés Figueroa). La merluza común se extrae mayoritariamente en la boca y costado sur de la E. Chapaco, entre Punta Mariposa y Punta Huasco Sur. Esta pesquería se realiza con red de enmalle, entre los 30 a 130 m de profundidad, en el sector denominado por los pescadores como “la turbia”, que corresponde a la zona de dispersión de la pluma de la descarga del relaveducto de la Planta de Pellets de CMP. Los recursos jurel, caballa y cojinoba se capturan con red, lienzo o boliche, entre los 20 y 100 m de profundidad. La captura de estos recursos, en el área de interés para este proyecto, se realiza desde Punta Lobos por el norte, hasta el costado sur de la Bahía de Huasco y continúan nuevamente desde el costado sur de E. Chapaco hasta Punta Alcalde, y si las condiciones lo permiten, en algunas épocas del año, los pescadores de Huasco se aventuran hasta Chañaral de Aceituno. El congrio colorado se extrae con red de enmalle y buceo, entre los 12 y 120 m de profundidad, principalmente en los sectores de bajaríos, canto rodado o zonas con terteles, ubicados entre Punta Lobos y Punta Alcalde. Otro pez de importancia local para los pescadores de Huasco corresponde al dorado. Este se captura en la época estival, cuando la temperatura del agua superficial alcanza los 14 °C (principios de noviembre hasta abril); los sitios predilectos para su pesca son Bahía Huasco, sector de descarga de agua caliente del complejo de Centrales Termoeléctricas Guacolda, sector de la piedra El Lobo Huacho y hasta el costado sur de Punta Alcalde, aunque en la temporada 2016-2017, fue tal su abundancia que se extrajo a lo largo de todo el litoral de Huasco.

En general, las capturas de congrio colorado y el dorado han aumentado considerablemente a partir del año 2011. El aumento en las capturas tiene dos explicaciones básicas: i) La primera para el recurso congrio colorado fue la incorporación de nuevos artes de pesca, como el uso de la red de enmalle con tres redes, red que antes no se usaba en la zona, ii) en el caso del dorado, este pescado siempre ha tenido una alta demanda en la zona, por ende, alcanza precios altos, lo que atrae a muchos pescadores que normalmente durante gran parte del año se dedican a realizar otras actividades productivas y regresan al mar a la temporada del dorado. Además, por la conducta gregaria que presenta este pez, al subir a las aguas superficiales, es muy fácil de ubicar los cardúmenes y, por lo tanto, los pescadores solo pescan sobre los cardúmenes, lo que hace altamente efectivo el arte de pesca. En dos a cuatro horas de pesca, pueden capturar unos 300 kilos de pescado, equivalentes en la época estival, a un ingreso bruto por embarcación de \$300.000 por jornada de trabajo.

Adicionalmente, en ensenada Chapaco los peces de roca y moluscos, como el loco y lapas, se extraen en la orilla del submareal rocoso y esta actividad se realizada exclusivamente por buzos.

La jibia, recurso que en algunas caletas de la Región de Atacama y Coquimbo ha pasado a ser el sustento de la pesca artesanal, no ha reportado el mismo patrón en Huasco, debido a que los pescadores artesanales de esta zona no cuentan con un comprador permanente para este recurso y los precios al parecer, no son tan atractivos como en otras caletas. La poca jibia que se extrae en la zona es capturada en Bahía Huasco o frente a ensenada Chapaco. Estas capturas ocasionales son destinadas a las plantas de proceso de Coquimbo o Caldera y las capturas en la temporada estival son principalmente destinadas al mercado local o al uso de carnada para la pesca del dorado.

Figura 5-59. Principales sitios de pesca (caladeros) en las cercanías de Puerto de Huasco.



Fuente: CEAMAR Ltda.

En relación a los ingresos provenientes de la recolección de algas en E. Chapaco, el año 2015 trabajaron un total de 49 recolectores de orilla en ensenada Chapaco, que desembarcaron un total de 1.816 ton de algas pardas, equivalentes a \$454.073.500. La extracción de algas no fue continua durante todos los meses del año, tal como se muestra en el Anexo 16 que presenta una síntesis de la actividad pesquera en la zona de E. Chapaco. El esfuerzo de extracción ejercido por cada recolector fue distinto, hubo recolectores de orilla que solo trabajaron un mes y otros más de 8 meses en forma continua o alternada, por lo tanto, no es fácil determinar un ingreso medio por orille para el año 2015.

Para el año 2016, el número de recolectores de orilla disminuyó, solo declararon desembarque 9 personas. El desembarque total fue de 221,6 Ton equivalentes a un ingreso total \$55.407.500. El esfuerzo de extracción ejercido por el grupo de recolectores no fue continuo a lo largo del año, y se concentró principalmente en tres personas.

El 2017 trabajaron 19 recolectores de orilla en la costa de la ensenada Chapaco, desembarcaron un total de 204,5 Ton, equivalentes a \$51.132.750. El esfuerzo de extracción, al igual que los años anteriores, también fue discontinua a lo largo del año y además estuvo concentrado en aproximadamente 10 recolectores de orilla.

Si bien no se cuenta con la información oficial del 2018, se adjunta en Anexo 16 el registro de ingreso de personas a la Ensenada Chapaco con motivo de la recolección de algas, recolectores de orilla y buzos; donde se puede constatar una frecuente y permanente actividad en la zona. Cabe señalar que la recolección se realiza por grupos familiares numerosos donde en general solamente un miembro del grupo está registrado e informa a SERNAPESCA el esfuerzo de extracción.

En términos pesqueros, los bancos podrían generar procesos de repoblamiento, lo que a largo plazo puede repercutir en la estabilidad y sustentabilidad de las pesquerías de zonas adyacentes (González et al., 2005⁷¹), y de igual forma tendría repercusiones en la acuicultura (captación de semillas) (Avendaño y Cantilláñez, 1997⁷²).

Ensenada Chapaco forma parte de los sitios de recolección de recursos hidrobiológicos declarados oficialmente por el sector artesanal de la Región de Atacama, destacando entre estos registros los Recolectores de Orilla (RO) de Caleta Huasco, que, para el periodo de estudio de este informe, registra más de 60 sitio costeros de recolección de recursos pesqueros. Conforme a los datos de estadística pesquera artesanal provistos por Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), los desembarques totales informados para E. Chapaco representan un porcentaje acorde al número de sitios de recolección

⁷¹ González, J., Tapia C., Wilson A., Stotz W., Orensanz J.M., Parma A., Valero J., Catrileo M., Garrido J. (2005). Bases biológicas para la evaluación y manejo de metapoblaciones de loco en la III y IV Regiones. Informe final. Fip 2002-16. Ifop.

⁷² Avendaño M, Cantilláñez M (1997) Necesidad de crear una reserva marina de ostiones en el banco de la rinconada (Antofagasta- II Región, Chile). Estud. Oceanol. 16: 109-113.

que son reportados por este Servicio, fluctuando entre 0,50%, 0,62% y 1,05% para los años 2015, 2016 y 2017, respectivamente.

Para esta zona y periodo de estudio se informa un total de 13 especies recolectadas, lo que representa el 31% del total declarado por los RO dentro de Caleta Huasco (n=42), y solo seis de ellas representaron más del 99,5% de los desembarques declarados para E. Chapaco. Dentro de este grupo, es posible establecer que las algas pardas Huiro negro y Huiro palo mostraron la mayor representación porcentual en los desembarques dentro de E. Chapaco, representando entre 0,62% (2015) y 1,24% (2017) del total informado en la estadística pesquera provista por Sernapesca. Por otra parte, los desembarques de algas pardas en E. Chapaco representaron entre el 9,65% y 12,10% del total declarado para Caleta Huasco (años 2017 y 2016, respectivamente), porcentaje no menores si se considera que los desembarques provienen de 60 sitios de extracción.

En términos estadísticos el análisis temporal para cada una de las seis (6) especies principales para E. Chapaco descritas en el presente estudio, el desembarque promedio de Huiro Negro fue diferente entre los tres (3) años evaluados, siendo mayor durante 2015 y menor en 2017, mientras que para el Huiro Palo y el Caracol Tegula no se presentaron diferencias para esta variable durante los tres (3) años evaluados. Por otra parte, la Jaiba Mora y el Piure registraron su mayor desembarque promedio durante el año 2017, condición inversa a la evidenciada por la Lapa Negra que registró su menor desembarque promedio durante el año 2016. Pero también se debe tener presente en el análisis, que las algas pardas, han estado sometidas a medidas administrativas para su conservación, limitando o prohibiendo su extracción, lo que debiera reflejarse en los volúmenes de desembarque.

Dentro de las seis especies con mayor biomasa recolectada en el periodo de estudio para E. Chapaco, y que conforman más del 99,5% del total declarado en la estadística pesquera, destacan las algas pardas que generaron un ingreso total de \$560.613.750 para los tres años de desembarque. Según las estadísticas oficiales, en la extracción de estas algas participaron 49, 9 y 19 recolectores de orilla en los años 2015 y 2017, lo que demuestra que el borde costero de ensenada Chapaco sostiene una pesquería de algas parda (Figura 5-60).

Figura 5-60 Imagen que da cuenta de la pesquería de algas pardas que se realiza en Ensenada Chapaco, Huasco.



La pesca, tanto de peces pelágicos como de roca, se realiza a lo largo de toda la costa de esta localidad. Según los informantes calificados, dentro de la ensenada Chapaco se extrae habitualmente merluza, jurel, caballa, cojinova y dorado, este último en la temporada estival. Para el caso de la extracción del congrio colorado, esta se realiza en los rodados rocosos, cercanos a al borde costero, con registros que indican que esta pesquería ha aumentado sus desembarques debido a la implementación de nuevas artes de pesca, como la red de tres telas.

Disminución del efecto de las marejadas sobre la sedimentación en E. Chapaco

La sedimentación de partículas suspendidas en la columna de agua hacia el fondo marino proviene de fuentes puntuales y no puntuales, las cuales arrastran material particulado orgánico e inorgánico sedimentable hacia el ambiente acuático. Se considera una fuente puntual a toda actividad en la que sus desechos son vertidos directamente a un cuerpo de agua, mientras que una fuente no puntual corresponde a las actividades cuyos desechos no son vertidos directamente en un cuerpo de agua, pero luego desembocan en uno (Escobar, 2003)⁷³.

Entre estas fuentes se destaca la descarga de materiales sólidos y disueltos a través de ríos, siendo un enlace primordial entre el medio terrestre y el medio acuático (Milliman y Farnsworth, 2013)⁷⁴. Así como también la erosión terrestre, descarga directa de relaves mineros (Escobar, 2003) y aluviones, tal y como

⁷³ Escobar, J. (2003). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (Vol. 50). United Nations Publications.

⁷⁴ Milliman, J. D., & Farnsworth, K. L. (2013). River discharge to the coastal ocean: a global synthesis. Cambridge University Press.

se documentó en Arica según Campos et al., (2007)⁷⁵. También se debe tener en cuenta el efecto post tsunamis del flujo de retorno al descargar sedimentos en el fondo marino (Morton et al., 2011)⁷⁶. Por lo que se puede esperar importantes aportes de sólidos sedimentables mediante fenómenos naturales y antropogénicos.

El aumento de sólidos suspendidos en la columna de agua y sedimentación conlleva a un aumento de la turbidez en la columna de agua, disminuyendo así la incidencia de luz solar en la capa fótica. En consecuencia, se disminuye la producción Fito planctónica y la presencia de macroalgas submareales (Thrush et al., 2004)⁷⁷. Uno de los principales efectos sobre la biota que habita ambientes submareales corresponde al cambio físico en el fondo marino debido a la depositación de partículas. Los organismos marinos más sensibles a eventos de sedimentación son los organismos sésiles o de baja movilidad que habitan en fondos duros y sedimentarios, debido a la dificultad en su movimiento producto de la depositación de material particulado en grandes cantidades sobre el fondo marino (Gonzalez et al., 2014, Ramirez-Llodra et al., 2015)⁷⁸. A su vez, se ha documentado un cambio composicional de especies en ecosistemas donde aumenta la sedimentación, ya que especies oportunistas como poliquetos tienen la capacidad de tolerar un aumento en la cantidad de partículas sedimentadas, volviéndose dominantes frente a esta situación. La sedimentación de estas partículas en el fondo marino también perjudica el asentamiento de larvas de invertebrados y algas en el submareal rocoso (Gonzalez et al., 2014)⁷⁹.

La sedimentación de Ensenada Chapaco posee la influencia directa de los relaves de la operación de la Planta de Pellets de CMP, pero además corresponde a una localidad del norte de Chile ubicada al sur de la descarga del río Huasco. Según Pepin et al., (2010)⁸⁰, para el río Huasco se estima una masa total de sedimentos transportados como descarga suspendida que se traslada en su cuenca de drenaje de aproximadamente de 10,9 toneladas/Km/año en el periodo 1994-2006, cantidades que no pueden ser obviadas al momento de analizar las dinámicas de sedimentación en E. Chapaco.

Debido a la importancia de la sedimentación en ecosistemas marinos litorales, a continuación, se presenta un ejercicio teórico apuntado a describir este proceso en E. Chapaco, el área de influencia directa de la

⁷⁵ Campos Ortega, H., Díaz Muñoz, G., & Campos Ortega, C. (2007). Aportes sedimentarios de los ríos Lluta y San José en la zona costera de la rada de Arica, Chile. *Idesia (Arica)*, 25(2), 37-48.

⁷⁶ Morton, R. A., Gelfenbaum, G., Buckley, M. L., & Richmond, B. M. (2011). Geological effects and implications of the 2010 tsunami along the central coast of Chile. *Sedimentary Geology*, 242(1-4), 34-51.

⁷⁷ Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., Ellis, J. I., Hatton, C., Lohrer, A., & Norkko, A. (2004). Muddy waters: elevating sediment input to coastal and estuarine habitats. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(6), 299-306.

⁷⁸ Ramirez-Llodra, E., Trannum, H. C., Evenset, A., Levin, L. A., Andersson, M., Finne, T. E. & Vanreusel, A. (2015). Submarine and deep-sea mine tailing placements: a review of current practices, environmental issues, natural analogs and knowledge gaps in Norway and internationally. *Marine pollution bulletin*, 97(1-2), 13-35.

⁷⁹ Gonzalez, S. A., Stotz, W. B., and Lancellotti, D. A. (2014). Effects of the Discharge of Iron Ore Tailings on Subtidal Rocky-Bottom Communities in Northern Chile: *Journal of Coastal Research*, v. 30, no. 3, p. 500-514.

⁸⁰ Pepin, E., Carretier, S., Guyot, J. L., & Escobar, F. (2010). Specific suspended sediment yields of the Andean rivers of Chile and their relationship to climate, slope and vegetation. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 55(7), 1190-1205.

descarga de relaves de la Planta de Pellets de CMP, y dos localidades de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos).

Los resultados del Modelo Ordinal de Regresión Logística evidencian diferencias significativas en el nivel de sedimentación ente localidades (ver Tabla 5-73 para valores de significancia por localidad). Los sitios fuera de la ensenada presentan un nivel de sedimentación significativamente menor que los sitios ubicados dentro de la ensenada, pero con magnitudes similares entre ellas (Tabla 2; Valor Estimado= -19,44; $p < 0,001$ para localidades de referencia). Entre los sitios ubicados al interior de Ensenada Chapaco, el sitio “Costado Sur” muestra un grado de sedimentación significativamente menor que los del sitio “Costado Norte”, lo cual parece razonable, debido a que es este sector donde se encuentra ubicada la descarga de la Planta de Pellets, más aún, estos resultados estarían evidenciando un efecto a escala local, acotado solamente a las proximidades de la descarga (ver Tabla 5-73).

Existe un efecto combinado de la turbidez y las marejadas sobre la sedimentación ($p=0,05$). La profundización de la descarga submarina (CDRS) interactúa significativamente con el factor marejada y turbidez sobre la sedimentación a 3m de profundidad. Es decir, las marejadas tienen un efecto significativamente menor sobre la sedimentación con el ducto a 35 m de profundidad y un efecto significativamente mayor cuando el ducto se ubicaba a 25 m de profundidad ($p=0,001$). Mientras que la turbidez tiene un efecto significativamente menor sobre la sedimentación con el relaveducto ubicado a 35 m de profundidad ($p < 0,001$), (ver Tabla 5-73).

Tabla 5-73. Resultados del Modelo Regresión Ordinal Logístico para la sedimentación a 3m de profundidad entre localidades dentro del área de influencia de la Planta de Pellets de CMP (Costado Norte y Costado Sur) y dos localidades de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos). Para cada variable se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo.

Variable	Estimado	Error Estándar	Valor de T	p
CDRS	-8.42	2.91	-2.89	<0.001
Turbidez	-0.36	0.21	-1.69	0.09
Cabo Norte	-19.44	0.00	-3.78E+07	<0.001
Costado Sur	-1.14	0.46	-2.49	0.01
Punta Lachos	-19.44	0.00	-3.78E+07	<0.001
Marejada	9.69	4.75	2.04	0.04
CDRS*Turbidez	1.02	0.33	3.06	<0.001
CDRS*Marejada	-8.82	3.55	-2.49	0.01
Turbidez*Marejada	-0.6119755	3.13E-01	-1.95E+00	0.05

La segunda aproximación estuvo orientada en evaluar la sedimentación en el tiempo a distintas profundidades (6 y 9 m de profundidad). Esta aproximación fue evaluada sólo para los sitios “Costado Sur” ubicado dentro de Ensenada Chapaco y la localidad de referencia “Punta Lachos”, por ser éstas las únicas localidades con datos del PVA entre 1998 al 2016.

La profundización de la descarga submarina impactó significativamente en el efecto de las marejadas y la turbidez sobre la sedimentación a todas las profundidades aquí analizadas ($p < 0,001$). Esto quiere decir, que cuando existen eventos de marejadas, el nivel de sedimentación es significativamente menor con el ducto ubicado a 35 m de profundidad ($p < 0,001$) y a su vez, cuando existen eventos de turbidez, la sedimentación es significativamente menor con el ducto ubicado a 35 m ($p < 0,001$), (Tabla 5-74).

El cambio de posición del relaveducto tiene un efecto diferencial entre localidades. En Punta Lachos, el nivel de sedimentación incrementó significativamente en el tiempo en el periodo de descarga a 35 m ($p < 0,001$), lo cual puede ser consecuencia de la acumulación de sedimentos en el tiempo, y no necesariamente debido a sedimentos relacionados a la Planta de Pellets. Sin embargo, a pesar de este incremento, el nivel de sedimentación es significativamente menor que el del sitio “Costado Sur” ubicado al interior de Ensenada Chapaco ($p < 0,001$), (Tabla 5-74).

Tabla 5-74. Resultados del Modelo Regresión Ordinal Logístico para la sedimentación a 3,6 y 9 m de profundidad para los sitios Costado Sur y Punta Lachos. Para cada variable se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo.

Variable	Estimado	Error Estándar	Valor de T	p
CDRS	-28.301	6.922	-4.088	<0.001
Turbidez	-2.166	0.572	-3.786	<0.001
Punta Lachos	-34.694	0.358	-96.853	<0.001
Marejada	3.634	1.370	2.654	0.01
Profundidad 9m	-0.009	0.330	-0.027	0.98
CDRS*Punta Lachos	33.205	0.358	92.696	<0.001
Turbidez*Marejada	0.049	0.016	3.057	<0.001
CDRS:Turbidez	2.028	0.573	3.542	<0.001
CDRS*Marejada	-4.097	1.359	-3.014	<0.001
Punta Lachos* Prof. 9m	1.419	0.763	1.861	0.06
Turbidez*Punta Lachos	-0.136	0.083	-1.640	0.10

Efectos de la sedimentación sobre la actividad fotosintética de *Lessonia trabeculata*

Como consecuencia de la mayor sedimentación reportada en el sector “costado norte” de E. Chapaco, se evaluaron sus potenciales efectos sobre la presencia de praderas de macroalgas presentes en la zona (i.e. *Lessonia trabeculata*), las macroalgas son ecológicamente importantes, dado que constituyen la base de cadenas tróficas, constituyen hábitat y refugio, conforman zonas de reproducción, asentamiento larval y reclutamiento de numerosas especies de invertebrados y peces. *L. trabeculata* es la macroalga endémica de las costas de Chile más importante en biomasa y densidad en ambientes submareales entre Arica y Chiloé. Crece sobre el sustrato rocoso, en ambientes semiprotegidos hasta los 20 m de profundidad

(Vásquez, 1991)⁸¹. En áreas intermareales y submareales someras del norte de Chile, el huiro palo (*L. trabeculata*) actúa como especie fundacional de estos ecosistemas costeros, albergando otras especies de importancia económica y social (e.g. lapas, loco, erizos, peces) (Vásquez et al., 2010)⁸². Por lo tanto, evaluaciones de su estado ecológico es un paso relevante para entender, entre otros, el grado de resiliencia o afectación que presentan frente a fenómenos de perturbación natural y antrópicas.

Para esto, se evaluó la actividad fotosintética *in situ* en ejemplares de *L. trabeculata* en distintos puntos del área de influencia directa de la descarga del relaveducto de la Planta de Pellets CAP, como en sitios control, ubicados fuera de Ensenada Chapaco (norte y sur).

En agosto de 2017 se realizaron mediciones en las estaciones control PAM-1 y PAM-7, que se encuentran a mayor distancia de la influencia de la descarga en Ensenada Chapaco, no así las estaciones control PAM-2 y PAM-6 que, si bien se encuentran ubicadas fuera de Ensenada Chapaco, se encuentran a una menor distancia de esta. Las estaciones PAM-3, PAM-4 y PAM-5 son aquellas ubicadas al interior de la E. Chapaco siendo las dos últimas aquellas ubicadas más cerca de la descarga (Figura 5-61). Las mediciones se realizaron mediante un fluorómetro portátil (DIVING-PAM, Figura 5-62). En términos generales el equipo DIVING PAM permite una estimación de la actividad fotosintética a través de la evaluación del rendimiento fotosintético en respuesta a un estímulo lumínico. El instrumento aplica pulsos modulados de luz para la detección selectiva del rendimiento de la fluorescencia de la clorofila. De esta manera es posible obtener de modo automático e instantáneo el rendimiento fotosintético o Quantum yield ($Y = \Delta F/F_m$) a través de la medición del rendimiento de la fluorescencia (F) y el rendimiento máximo (F_m).

Entre otros, el DIVING -PAM ha sido utilizado para conocer el efecto de la acidificación del mar sobre macroalgas tomando además en cuenta otras variables como disponibilidad de nutrientes (nitrato) y la radiación que reciben (Celis-Plá et al., 2015)⁸³, y para conocer cómo varían las tasas fotosintéticas en algas marinas en medios con distinta concentración de carbono inorgánico y radiación (Schwarz et al., 2000)⁸⁴.

⁸¹ Vásquez, J.A. 1991. Patrones de distribución de poblaciones submareales de *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyta) en el norte de Chile. Serie Ocasional Universidad Católica del Norte (Chile) 2: 187–211.

⁸² Vásquez, J. N. Piaget, F. Tala, M. Vega, A. Bodini, S. Morales, L. Jorquera, C. Sáez, y P. Muñoz. (2010). Evaluación de la biomasa de praderas naturales y prospección de potenciales lugares de repoblamiento de algas pardas en la costa de la XV, I y II regiones. Informe Final Proyecto FIP 2008-38. 160 pp.

⁸³ Celis-Plá, PS., Hall-Spencer, JM., Horta, PA., Milazzo, M., Korb, N., Cornwall, CE. & Figueroa, FL. (2015). Macroalgal responses to ocean acidification depend on nutrient and light levels. *Frontiers in Marine Science*. *Front.Mar.Sci.*2:26. doi: 10.3389/fmars.2015.00026.

⁸⁴ Schwarz, AM., Björk, M., Buluda, T. Mtolera & M., Beer, S. (2000). Photosynthetic utilization of carbon and light by two tropical seagrass species as measured in situ. *Marine Biology* 137: 755-761.

Figura 5-61. Sitios seleccionados para mediciones de actividad fotosintética.

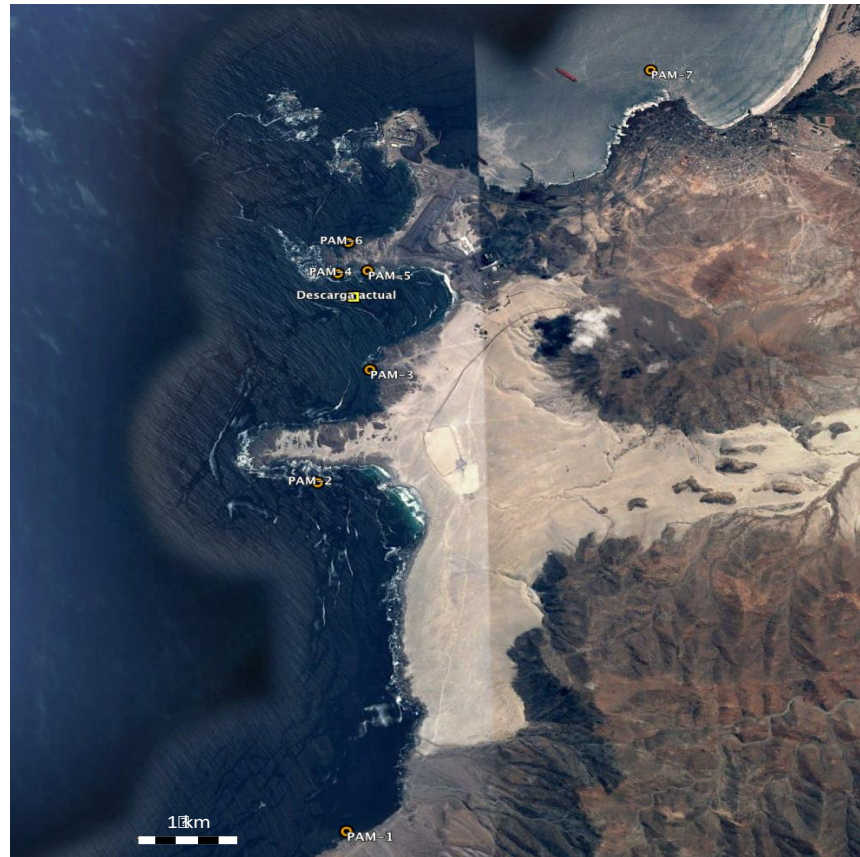
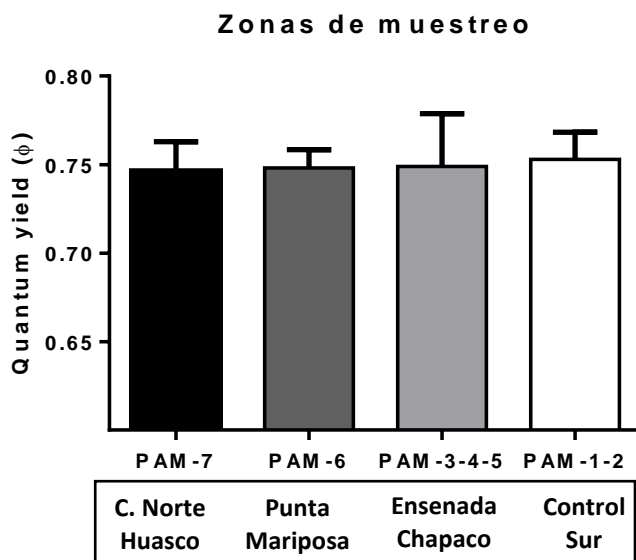


Figura 5-62. Equipo DIVING PAM operado en uno de los puntos de muestreo en agosto de 2017.



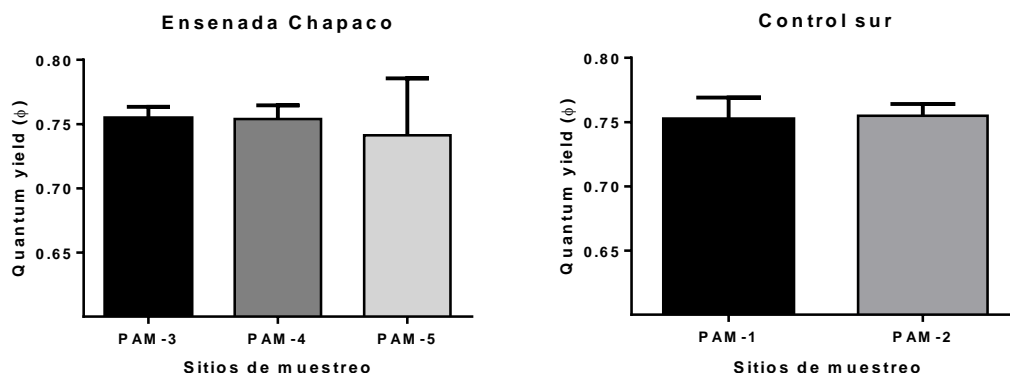
Para determinar si la descarga tiene alguna influencia sobre la actividad fotosintética en *Lessonia trabeculata*, se realizó un ANOVA de una vía para comparar la actividad fotosintética entre todas las grandes zonas de muestreo del estudio. El cálculo del rendimiento fotosintético promedio para puntos más o menos alejados de Ensenada Chapaco no reportó diferencias significativas (Figura 5-63).

Figura 5-63. Rendimiento fotosintético promedio de todas las mediciones realizadas en distintos sitios ubicados dentro o fuera del área de influencia de la descarga de Planta de Pellets de CAP.



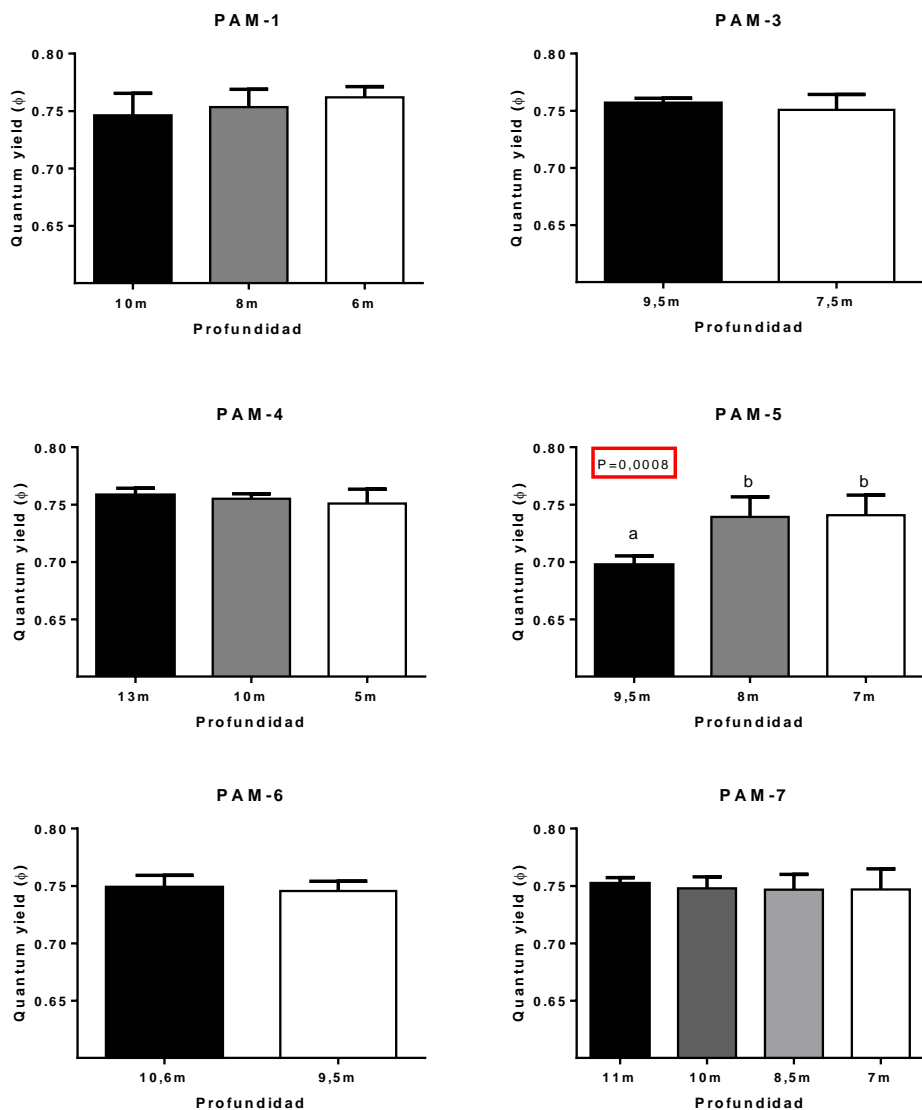
Se analizó la información para determinar si existen diferencias en rendimiento fotosintético dentro de cada zona que agrupa a varios sitios (i.e. PAM-3, PAM-4 Y PAM-5 al interior de Chapaco) y en los controles al sur de esta (PAM-1 Y PAM-2). Los sitios al interior de Ensenada Chapaco más cercanos al relave (PAM-4 y PAM-5) mostraron el mismo rendimiento fotosintético que PAM-3 ubicado en el extremo sur de la Ensenada. Con similares valores promedio y sin exhibir diferencias significativas de lo registrado en los sitios ubicados al sur (PAM-1 y PAM-2).

Figura 5-64. Rendimiento fotosintético promedio en distintos sitios al interior de Ensenada Chapaco (PAM-3,-4,-5) y en la zona control sur (Punta Huasco Sur y Punta Lachos).



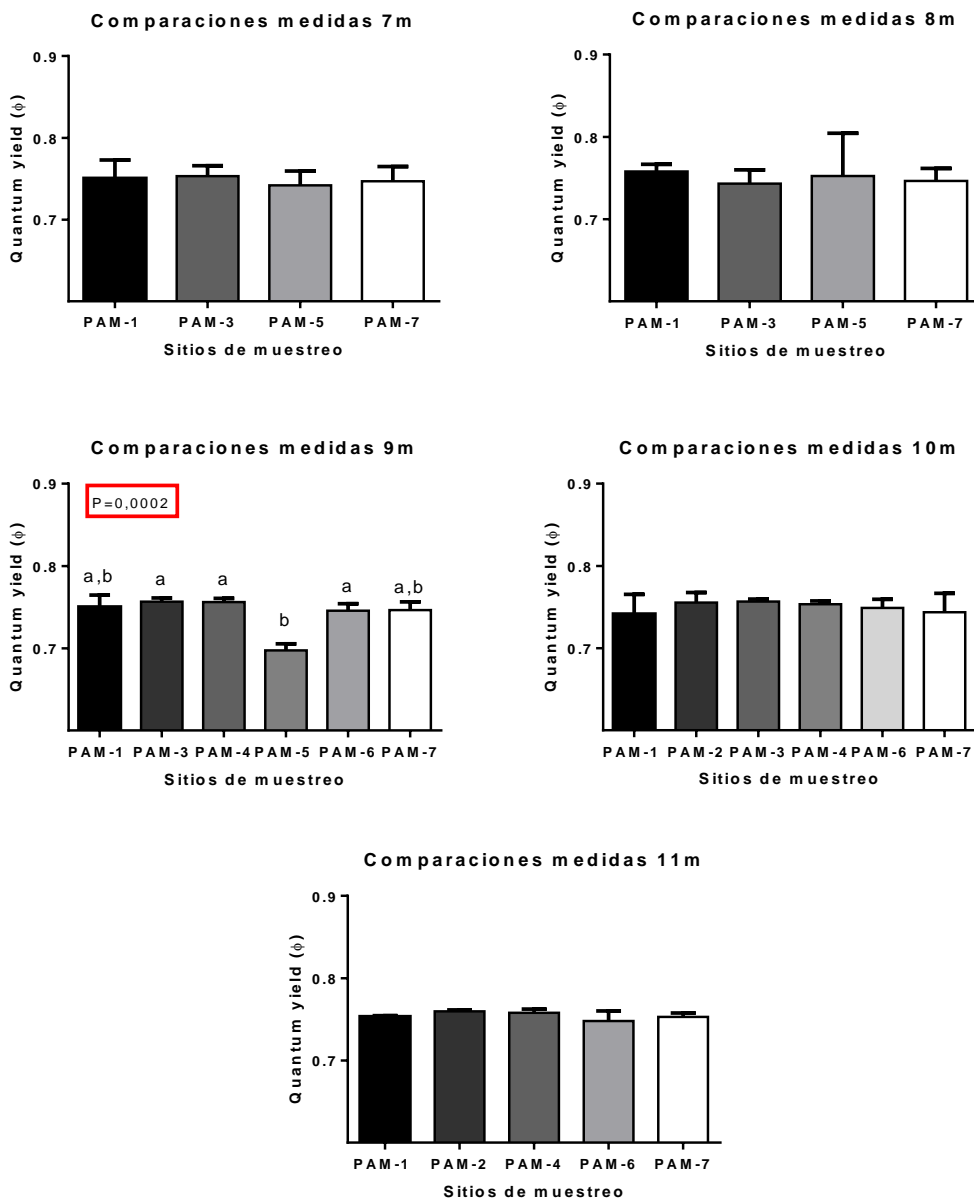
Con el objeto de poder reconocer si plantas de *L. trabeculata* ubicadas a distintas profundidades podrían ser afectadas en su rendimiento fotosintético por el relave, se comparó la actividad fotosintética a distintas profundidades dentro de los sitios muestreados. El sitio PAM-2 no fue considerado por no tener suficientes datos. No se reportaron diferencias significativas en el rendimiento fotosintético a distintas profundidades, excepto en el sitio PAM-5, ubicado en las cercanías de la descarga, cuyo rendimiento a 9.5 m fue significativamente menor que el registrado a profundidades más someras (Figura 5-65).

Figura 5-65. Rendimiento fotosintético promedio en cada sitio a diferentes profundidades. En rojo se destaca el resultado de la prueba ANOVA con su nivel de significancia que es menor que 0.001.



Para analizar en mayor detalle las posibles diferencias en la actividad fotosintética de las algas en los distintos sitios, se compararon los datos tomados a profundidades similares entre los distintos sitios (Figura 5-66).

Figura 5-66. Rendimiento fotosintético promedio en los distintos sitios, pero a similares profundidades. Para cada profundidad solo se pudieron considerar los sitios que tuviesen información para dicha profundidad. En rojo se destaca el resultado de la prueba ANOVA con su nivel de significancia que es menor que 0.001.



Solo se encontraron diferencias significativas en la actividad fotosintética entre los sitios para los datos tomados a 9 m de profundidad. Específicamente la actividad fotosintética en el punto PAM-5 de Ensenada Chapaco fue significativamente más bajo ($P=0,0002$) que en los otros 2 puntos de Ensenada Chapaco (PAM-1 y PAM-4) y que el control sur expuesto (PAM-2).

En síntesis, los resultados indican que la actividad fotosintética de *Lessonia trabeculata* es similar a la reportada en algas ubicadas en distintos puntos de la costa alrededor de Ensenada Chapaco, y solo es significativamente menor en aquellas ubicadas en PAM-5 (punto al interior de la Ensenada, más cercano a la descarga) a 9 m de profundidad. Este resultado permite suponer que factores como la resuspensión local del relave podrían afectar el rendimiento fotosintético de algas, sólo a dicha profundidad debido a una menor penetración de la luz.

En relación al considerando N°78, con relación al Hecho 15: *Se admite la pérdida de eficiencia fotosintética del alga Lessonia trabeculata a 9 metros de profundidad, en sectores cercanos a la descarga de relaves, pero no aparece reconocido como efecto ni se precisan las consecuencias que ello tendría en la calidad y cantidad de los recursos renovables, debiendo reconocerse tal pérdida como un efecto negativo de la depositación de relaves y proponerse acciones destinadas a contener y eliminar o reducir tal efecto.*

El Titular aclara los motivos por los cuales esta diferencia en el rendimiento cuántico fotosintético **no se declara como** “efecto de la descarga de relaves sobre la eficiencia fotosintética”.

En primer lugar es necesario enfatizar que la metodología utilizada en este estudio implica el uso de un sensor PAM, cuya función es medir el rendimiento del pigmento fotosintético, en términos del número de fotones recibidos versus el número de fotones emitidos (rendimiento cuántico del pigmento fotosintético, que aproxima la actividad fotosintética). Esta cantidad se estima a través del cociente entre la fluorescencia variable dividida en la fluorescencia máxima posible (f_v/f_m) (Bischof et al., 1999⁸⁵). Esta aclaración es relevante, pues en la formulación de la pregunta de la autoridad ambiental se plantea el concepto de **eficiencia fotosintética**, que también puede estimarse a través de una ecuación de rendimiento cuántico, pero las variables de su cociente corresponden a μmol de CO_2 fijado/ μmol de fotones absorbidos. En consecuencia, el estudio cuestionado no presenta una métrica directa de **eficiencia** fotosintética, sino que apunta a medir la **actividad** fotosintética. Hecha esta aclaración metodológica, en los puntos siguientes se procerá a fundamentar la ausencia de efectos.

Los resultados de la actividad fotosintética de *L. trabeculata* muestran una disminución del rendimiento cuántico de la radiación recibida versus la absorbida por las algas en cuestión, sólo para uno de los sitios medidos, y sólo a la máxima profundidad. La pregunta formulada asume que esta disminución es un efecto de la descarga del relaves producto de la operación de la Planta de Pellets de CMP. Sin embargo, este supuesto de la pregunta parece no considerar el hecho de que otro sitio del presente estudio ubicado aproximadamente a la misma distancia de la descarga del relave (PAM4) no presenta diferencia alguna en el rendimiento cuántico de *L. trabeculata*, en ninguna de las categorías de profundidad analizadas. Por lo tanto, resulta difícil justificar que sea la descarga de relaves la causante de la disminución de actividad fotosintética en el sitio PAM5 profundidad 9m, ubicado a 0,36 km de la descarga, mientras que

⁸⁵ K. Bischof, D. Hanelt, and C. Wiencke 1999. Acclimation of Maximal Quantum Yield of Photosynthesis in the Brown Alga *Alaria esculenta* under High Light and UV Radiation. *Plant Biology* (1) 435-444.

la misma descarga no estaría ejerciendo ningún efecto sobre esta variable, en la misma especie y en un sitio adyacente, que además se encuentra ubicado a una distancia a lo menos equivalente (0,35-0,36 km).

Si realizamos el ejercicio teórico de suponer que sea posible que la descarga ejerciese un efecto sobre el sitio PAM 5, pero no en el sitio PAM 4, por circunstancias desconocidas y pese a que ambos están ubicados a la misma distancia de la descarga, entonces debemos reflexionar de qué modo esta disminución podría traducirse en *“las consecuencias que ello tendría en la calidad y cantidad de los recursos renovables”*. Este es otro supuesto de la pregunta que no necesariamente corresponde a una deducción correcta:

La mera disminución de actividad fotosintética (significativa estadísticamente, aunque marginal) ciertamente podría ilustrar una potencial disminución en la cantidad de energía que las algas del sitio “PAM 5 Profundidad 9m” tendrían disponible para fijar CO₂. Supongamos entonces que el alga no fuese capaz de modular fisiológicamente su producción de carbohidratos (supuesto muy restrictivo si consideramos que Bischof, 2009 demostró que las macroalgas tienen la capacidad de aclimatarse plenamente a condiciones extremadamente variables de radiación incidente, utilizando precisamente una metodología similar a la de este estudio). Aún haciendo este supuesto tan restrictivo, resulta improbable que una disminución marginal (aunque significativa estadísticamente) de la actividad fotosintética tenga algún efecto sobre las componentes de la adecuación biológica de esta especie: supervivencia y reproducción. La mejor demostración de la ausencia de efectos sobre la adecuación biológica es precisamente el hecho de que los individuos medidos en el estudio se distribuyen en sitios en donde en el pasado la especie estuvo ausente (de acuerdo a los resultados del Plan de Vigilancia Ambiental). Este es otro argumento que demuestra la clara trayectoria de recuperación que la biodiversidad del sitio de estudio está experimentando, de la cual no se excluye la especie *L. trabeculata*.

Establezcamos ahora de qué modo la presencia de *L. trabeculata* podría relacionarse con *“la calidad y cantidad de los recursos renovables”*. Lo primero que debemos notar es que los recursos renovables de la zona que podrían depender de la presencia de *L. trabeculata* son de naturaleza biológica. El mecanismo principal a través del cual esta macroalga podría afectar la disponibilidad de recursos es su rol de productor primario y estructurador del hábitat para especies de niveles tróficos superiores o inferiores. El modo en que esta función de *L. trabeculata* podría disminuir la disponibilidad de dichos recursos es **una reducción de su cobertura**. En este escenario, lo que se observa es que la especie, lejos de disminuir su cobertura y extensión geográfica, está realizando todo lo contrario: expandiendo su rango y aumentando su cobertura, en sitios en donde, como se señaló, en el pasado estuvo ausente. Por lo tanto, resulta muy improbable conectar una disminución marginal de la actividad fotosintética, localizada en un único punto de muestreo entre varios, y tan sólo en una categoría de profundidad, con una supuesta disminución de recursos naturales renovables en el área de estudio. Esta relación se vuelve aún más improbable si consideramos que **el fenómeno descrito no ocurre en otro punto de muestreo con exactamente la misma proximidad geográfica a la descarga**.

Por lo tanto, se concluye que :

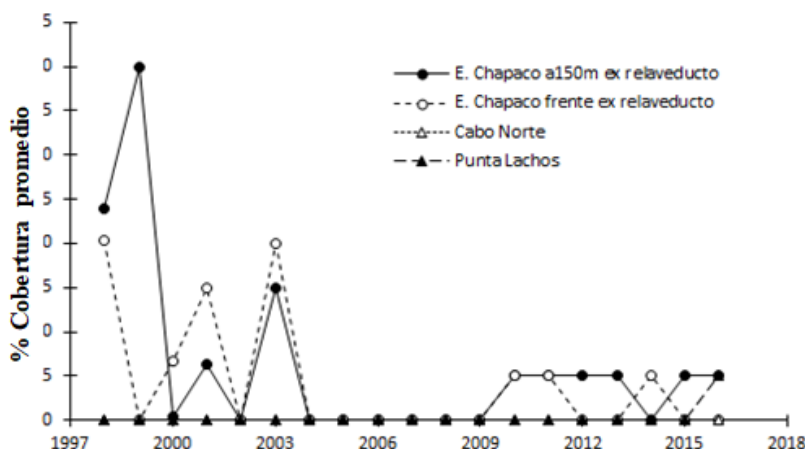
Es a lo menos improbable que sea la descarga de relaves la causa de la disminución marginal (aunque significativa estadísticamente) de la actividad fotosintética de *L. trabeculata* en el sitio PAM5_Profundidad 9m.

Esta disminución de actividad fotosintética no tiene el potencial de modificar significativamente la calidad y disponibilidad y calidad de los recursos renovables del área de estudio, debido a que no hay argumentos para afirmar que la adecuación biológica de *L. trabeculata* esté afectada en el sistema, no pudiendo por tanto propagar este hipotético efecto a través de la trama trófica hasta el punto de afectar recursos biológicos renovables. Al contrario, *L. trabeculata* es actualmente un productor primario y estructurador de hábitat relevante en el área de estudio, cuya dinámica de distribución es evidencia de la trayectoria de recuperación que se está registrando en Ensenada Chapaco.

Disminución de la cobertura de la población del alga oportunista *Enteromorpha* spp. respecto a dos localidades de referencia (Punta Lachos y Cabo Norte)

La importancia del monitoreo de esta alga verde radica en que es útil como especie bioindicadora de la calidad ambiental de ambientes intermareales en la costa de Chile. Para el caso específico de E. Chapaco, su presencia ha sido asociada a eventos de turbidez, específicamente en el periodo de descarga intermareal (1978-1993). La evaluación de la tendencia a largo plazo de la cobertura promedio de esta alga, indica que los valores máximos de cobertura ocurrieron en dos sitios ubicados al interior de Ensenada Chapaco en el periodo de descarga a 25 m de profundidad (Ver Figura 5-67). Mientras que, en las localidades de referencia no se registró la ocurrencia de esta alga (Cabo Norte) o su abundancia fue mínima (Punta Lachos). En el año 2003, inmediatamente después de la profundización de la descarga (2002), se reportó un aumento de su cobertura promedio, posterior a lo cual desaparece hasta el año 2009. Entre los años 2009 y 2016, *Enteromorpha* spp. se transforma en un componente permanente de los ensambles intermareales de Ensenada Chapaco, sin embargo, sus coberturas promedio son menores que las reportadas antes de la profundización de la descarga.

Figura 5-67. Variación temporal de la cobertura promedio de *Enteromorpha* spp. en dos sitios dentro del área de influencia (Ensenada Chapaco a 150 m ex relaveducto y Ensenada Chapaco frente ex relaveducto) y dos localidades de referencia (Cabo Norte y Punta Lachos).



Adicionalmente, se realizó un análisis enfocado a evaluar si las marejadas y la turbidez corresponden a factores ambientales asociados a la presencia de esta alga (Modelo Generalizado de Mínimos Cuadrados (GLS)) para dos sitios ubicados dentro de Ensenada Chapaco. Sus resultados evidencian que la turbidez y las marejadas, no así su interacción, tienen un efecto significativo sobre la presencia de esta alga dentro de Ensenada Chapaco (ver Figura 5-68). Además, el modelo reporta un efecto significativo del sitio de muestreo sobre la cobertura de esta alga ($p=0,02$), con mayor cobertura en el sitio “Ensenada Chapaco ubicado a 150 m ex relaveducto intermareal”. Por último, el cambio en la disposición del relaveducto (CDR) también tiene un efecto significativo sobre la cobertura de esta alga ($p<0,001$), con evidencia suficiente para afirmar que el incremento en la profundidad del relaveducto submarino, disminuyó la cobertura de *Enteromorpha* spp. en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP.

Figura 5-68. Resultados del Modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados para la población de *Enteromorpha* spp. Para cada factor se detalla su valor estimado, el error estándar, el valor de T del modelo y el valor de significancia (p). Los valores de p destacados en negrita indican un efecto significativo.

Variable	Estimado	Error Estándar	Valor de T	p
Intercepto	1.17	0.49	2.41	0.02
Turbidez	0.06	0.03	1.98	0.05
Marejada	0.27	0.11	2.41	0.02
Sitios	-0.51	0.22	-2.38	0.02
CDR	-1.50	0.38	-3.97	<0,001
Turbidez x Marejada	-0.01	0.01	-0.64	0.52

El género *Enteromorpha* es un componente habitual de los intermareales rocosos de la costa de Chile. Según Camus, (2001)⁸⁶ su rango de distribución geográfica involucra a la zona biogeográfica de la provincia peruana (área norte 18,4 - 30°S), área intermedia (30 a 41-43°S) y provincia magallánica (área sur desde los 43 - 56°S). Este género de algas pertenecientes a la división Chlorophyta, si bien es capaz de habitar en franjas intermareales perturbadas, su presencia es habitual en zonas donde no existe algún grado de contaminación antrópica (cerca del 3-5% de cobertura, en Caleta Pan de Azúcar y Caleta Zenteno) (Castilla 1996⁸⁷, Fariña y Castilla 2001⁸⁸). Es decir que está presente en intermareales sin grados de perturbación, pero en un porcentaje de cobertura menor.

Ejemplo de lo anterior son los registros para el sur de Chile, donde se ha documentado su presencia en coberturas del 1% en el intermareal de Magallanes y de la Isla grande de Chiloé (Ríos y Mutschke, 1999)⁸⁹. En Chile Central se ha reportado su presencia en Concepción, Valparaíso, Montemar, Cartagena, Horcón, Quintero y Ventanas. En la zona norte, se han documentado coberturas promedio del 2,2 % entre los 20-30°S (Navarrete et al., 2008)⁹⁰. Mientras que en la Isla Juan Fernández también se ha documentado la presencia de *Enteromorpha* spp. en la zona intermareal, siendo una de las algas dominantes en cobertura en la franja medilitoral del intermareal rocoso de esta localidad (36%) (Ramírez y Osorio, 2000)⁹¹.

El género *Enteromorpha*, además, es un componente habitual en la dieta de muchas especies herbívoras que habitan los ecosistemas intermareales de la costa de Chile, con ejemplos de su presencia en el contenido estomacal del erizo *Tetrapygyus niger* en la costa norte de Chile (Navarrete et al. 2008), con frecuencias reportadas de hasta un 56% en ejemplares de esta especie provenientes de la localidad de Lagunillas, al sur de Coquimbo (aprox. 30°S). Mientras que, en peces intermareales, el análisis cualitativo del contenido estomacal la postula como el ítem alimenticio más frecuente en la dieta de peces herbívoros en la zona comprendida entre los 20°18 S y 20°54 S (Berrios y Vargas 2004⁹²).

⁸⁶ Camus, P. A. (2001). Biogeografía marina de Chile continental. Revista chilena de historia natural, 74(3), 587-617.

⁸⁷ Castilla, J. C. (1996). Copper mine tailing disposal in northern Chile rocky shores: *Enteromorpha compressa* (Chlorophyta) as a sentinel species. Environmental Monitoring and Assessment, 40(2), 171-184.

⁸⁸ Fariña, J. M., & Castilla, J. C. (2001). Temporal variation in the diversity and cover of sessile species in rocky intertidal communities affected by copper mine tailings in northern Chile. Marine Pollution Bulletin, 42(7), 554-568.

⁸⁹ Ríos, C., & Mutschke, E. (1999). Community structure of intertidal boulder-cobble fields in the Straits of Magellan, Chile. Scientia Marina, 63(S1), 193-201.

⁹⁰ Navarrete, A. H., Camus, P. A., & Opazo, L. F. (2008). Variación ambiental y patrones di etarios del erizo negro *Tetrapygyus niger* en costas intermareales rocosas del norte de Chile. Revista chilena de historia natural, 81(3), 305-319.

⁹¹ Ramírez, M. E., & Osorio, C. (2000). Patrones de distribución de macroalgas y macroinvertebrados intermareales de la isla Robinson Crusoe, archipiélago de Juan Fernández, Chile. Investigaciones marinas, 28, 1-13.

⁹² Berrios, V. y M. Vargas. 2004. Estructura trófica de la asociación de peces intermareales de la costa rocosa del norte de Chile. Revista de Biología Tropical 52: 201-212.

Descripción química de los relaves y sus efectos sobre la fauna marina y la salud humana.

Para la caracterización mineralógica del relave y su comportamiento con el medio se realizó un diagnóstico preliminar de la reactividad de las muestras analizadas en el estudio elaborado para la Adenda del proyecto “Actualización del Sistema de Depositación de Relaves de Planta de Pellets”⁹³ denominado “Aspectos geológicos, mineralógicos y geoquímicos del relave de Planta de Pellets”⁹⁴. Este diagnóstico corresponde a una reinterpretación resumida del estudio antes mencionado en el cual se analizaron los resultados de (1) el Análisis Mineralógico de las muestras, y (2) el Test Cinético “modificado” (con una solución lixiviante similar al agua de mar sintética). El Test Cinético se aplicó a una muestra de relave fresco y a una muestra de sedimento marino natural, con el objetivo de comparar las tasas de liberación de solutos en ambos tipos de materiales.

Es importante mencionar que la información en detalle del informe de caracterización mineralógica del relave y su comportamiento con el medio (tasas de liberación de solutos), químicamente asimilable al sedimento marino natural, se presenta en el Anexo 8 del presente Informe de efectos.

Análisis Mineralógico

Para dar cuenta de la descripción química de los relaves se analizaron mineralógicamente las muestras mediante distintas técnicas para así lograr una caracterización completa de la composición mineralógica del relave. Los resultados del análisis mineralógico confirman que los minerales presentes en el relave son mayoritariamente los constituyentes principales de la roca de caja de mineralización, es decir, anfíboles, cloritas, feldespatos y micas principalmente. Debido a las lentas cinéticas de disolución de estos componentes, y a las composiciones químicas de los mismos, no se esperaría una liberación significativa de otros solutos que no fueran Si, Al, Ca, Mg, Na, Fe, K, y no en cantidades suficientes como para modificar la caracterización hidroquímica de las aguas marinas del entorno de la depositación del relave. A continuación, en la Tabla 5-75, se indica la mineralogía identificada en las muestras de relaves analizadas.

⁹³ El proyecto fue desistido del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) por Compañía Minera del Pacífico (CMP). La notificación del desistimiento fue comunicada a CMP el día 31 de marzo del año 2017. Link de descarga: <http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=c5/ff/d5b383fab88d95c68caa73e38f1e900dd274>

⁹⁴ Anexo 1.31 de la Adenda: Aspectos geológicos, mineralógicos y geoquímicos del relave de Planta de Pellets, 2016. Link de descarga: http://seia.sea.gob.cl/archivos/2016/06/29/1.31_Aspectos_Geologicos_final.pdf

Tabla 5-75. Mineralogía identificada en las muestras de relaves analizadas

Minerales	Muestras (% en peso)								Rango
	Año 2014		Año 2016						
	L102	L302	SMA1	SMA2	SMA3	SUB1	SUB2	SUB3	
Magnetite-(Hematite)	7,07	2,61	4,67	5,36	5,56	7,46	7,14	6,36	2,6-7,5
Chalcopyrite	0,11	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,02-0,11
Pyrite	0,27	0,35	0,41	0,42	0,50	0,47	0,39	0,47	0,3-0,5
Other sulphides	0,06	0,03	0,17	0,17	0,08	0,06	0,19	0,25	0,03-0,25
Chrysocolla			1,54	0,19	0,33	0,00	0,82	0,02	0,0-1,5
Quartz	1,99	1,71	1,81	1,65	1,33	0,73	2,46	0,58	0,7-2,5
Alkali Feldspar	2,91	3,99	9,12	8,88	9,32	10,27	10,99	10,61	6,9-11,0
Plagioclase	4,01	4,75							
Amphibole	35,38	36,55	49,83	52,80	49,74	45,36	44,31	50,03	35,4-52,8
Pyroxene (En-Fs)	2,35	3,57	0,43	0,56	0,32	0,27	0,33	0,37	0,3-3,6
Pyrophyllite			0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03-0,06
Epidote	0,47	0,46	0,55	0,61	0,92	0,35	0,30	0,31	0,3-0,9
Altered Micas	3,87	3,78	2,54*	2,84*	2,64*	2,41*	2,59*	2,28*	2,3-3,9
Chlorite	26,56	26,41	17,37	16,01	18,11	22,90	20,08	16,74	16,0-26,6
Biotite/Phlogopite	1,57	2,19							1,6-2,2
Clay	0,21	0,10	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,03	0,03-0,21
Talc	2,20	2,37	1,79	0,95	2,07	0,81	0,66	0,31	0,3-2,4
Sphene	2,03	1,77	1,26	1,33	1,20	2,39	2,06	1,87	1,2-2,4
Zircon	0,02	0,03							0,02-0,03
Serpentine			0,08	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02-0,08
Tourmaline			0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01-0,03
Rutile/Anatase	0,88	0,77	1,08	1,06	1,20	2,46	2,03	1,90	0,8-2,5
Other Silicates	0,46	0,15	0,17	0,15	0,08	0,05	0,30	0,11	0,1-0,5
(Ca-Fe-Mn) Carbonates	0,98	1,48	0,70	0,69	0,79	0,45	0,51	0,52	0,4-1,5
Apatite	2,09	2,40	2,80	2,47	2,84	1,13	1,06	1,35	1,1-2,8
(Ca-K-Al-Ba) Sulphates	0,08	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	0,06	0,05	0,02-0,08
Others	4,44	4,42	3,48	3,62	2,72	2,22	3,48	5,69	2,2-5,7

*Micas

Por el tamaño de grano promedio, los hábitos cristalinos, y el grado de liberación de los óxidos y sulfuros cabría suponer una relativa alta reactividad de dichos componentes. Sin embargo, comparando dichos parámetros con los del resto de los minerales identificados en el análisis (silicatos y aluminosilicatos, principalmente), podríamos suponer que la reactividad de sulfuros y óxidos es menor que la del promedio de los componentes del relave (con menores superficies reactivas, entre otros).

Test cinético y Tasas de liberación de Solutos

Se aplicó un test cinético de celdas húmedas a una muestra de relave fresco obtenido desde el *Dropbox* 2⁹⁵ y a una muestra de sedimento natural no afectada por la depositación del relave, tomada en la zona costera de la desembocadura del río Huasco. Dos de los objetivos principales de este ensayo fueron dar cuenta de la reactividad del relave con el agua de mar y determinar las tasas de liberación de solutos por mecanismos naturales y no naturales. Desde el punto de vista del ensayo, se destaca la baja reactividad de la muestra de relave. Entre los componentes más solubles destacarían sales y aluminio-silicatos alterados, también presentes en la muestra de sedimento natural.

⁹⁵ Punto de monitoreo oficial que se encuentra antes del estanque que realiza la mezcla del relave con agua de mar.

Las tasas de liberación de solutos de las muestras de relave fresco y sedimento natural fueron calculadas a partir de la interpretación de los resultados del Test Cinético considerando tres etapas de distintos ciclos cada una⁹⁶. Del ensayo se evidencio que las principales tasas de liberación de solutos se producen durante la etapa 1, permaneciendo estables (o incluso anulándose) en las siguientes dos etapas. Se determino un amplio rango de variación de tasas de solutos evaluadas (entre 10^{-7} y 10^{+3} mg soluto / kg muestra / día). Por consiguiente, los solutos liberados por las muestras analizadas se podrían clasificar en las categorías que se muestran en la Tabla 5-76 y a su vez, en la Tabla 5-77 y Figura 5-69, se presenta el detalle de las tasas de liberación de los solutos para las muestras de relave y sedimento natural analizadas.

Tabla 5-76. Clasificación de solutos liberados

Categoría	Rangos	Solutos
Alta tasa de liberación	Entre 10^{+3} y 10^0 mg/kg/día	Ca, K, Mg, Na y SO_4 .
Media tasa de liberación	Entre 10^0 y 10^{-3} mg/kg/día	B, Ba, Li, Mn, Rb, Si, Sr y Zn.
Baja o muy baja tasa de liberación	Entre 10^{-3} y 10^{-7} mg/kg/día	Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, P, Re, Sb, Se, Sn, U, V y W.
Nula tasa de liberación	Inferior a 10^{-7} mg/kg/día	Be, Bi, Ga, Pb, Te, Th, Ti, Tl, Y y Zr.

Casi la totalidad de los metales y metaloides traza tendrían bajas, muy bajas y/o nulas tasas de liberación a las aguas del mar en las condiciones de ensayo. Se destaca que los solutos que presentarían altas tasas de liberación corresponden a las especies catiónicas principales y sulfatos, y las medias tasas de liberación corresponden, casi íntegramente, a elementos alcalinotérreos asociados a las especies catiónicas principales. Estos son los constituyentes principales del agua del mar, por lo que su liberación y posterior dilución no representaría un impacto sobre la calidad química de las aguas marinas locales⁹⁷.

⁹⁶ Etapa I: ciclos 0-11, 78 días; Etapa II: ciclos 12-23, 131 días; Etapa III: ciclos 24-38, 34 días.

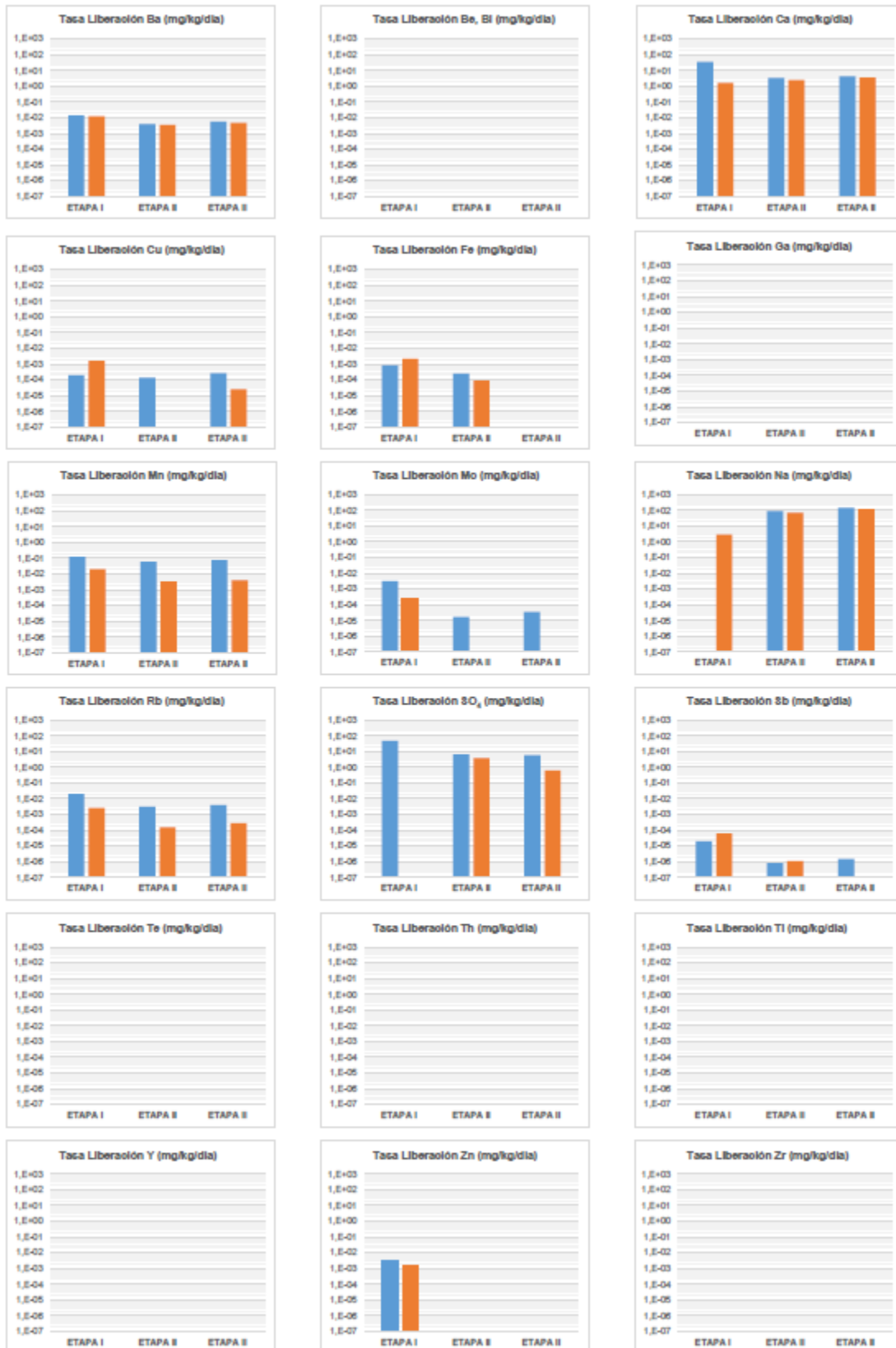
⁹⁷ Los valores negativos de algunas tasas calculadas corresponden a especies cuyas concentraciones serían incluso inferiores a las de las aguas de mar sintéticas aplicadas (Pb, Ni, Tl, Zn, Mg y K, principalmente). Esto implicaría la existencia de mecanismos de fijación de estos solutos en las muestras del relave y/o sedimento natural (procesos de adsorción superficial o intercambio catiónico, entre otros).

Tabla 5-77. Tasas de liberación de solutos en muestras de relave y sedimento natural

Parámetros	Tasas Liberación (mg/kg muestra/día)					
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA II
	Relave			Sedimento		
Sulfato (SO ₄)	47,435577	6,407824	5,762059	-7,671795	3,801985	0,613088
Aluminio (Al)	0,002044	0,000358	0,000128	0,000689	0,000001	0,000000
Antimonio	0,000020	0,000001	0,000002	0,000061	0,000001	0,000000
Arsénico (As)	0,001331	0,000522	0,000816	0,001144	0,000122	0,000213
Bario (Ba)	0,013380	0,004021	0,005722	0,012179	0,003401	0,004591
Berilio (Be)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Bismuto (Bi)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Boro (B)	0,039040	0,001031	0,002229	0,043120	0,000000	0,000291
Cadmio (Cd)	0,000101	0,000060	0,000108	0,000120	0,000021	0,000075
Calcio (Ca)	34,508205	3,255420	4,107206	1,599487	2,478359	3,597059
Cesio (Cs)	0,001095	0,000414	0,000565	0,000001	0,000000	0,000000
Cromo (Cr)	0,000001	0,000000	0,000000	0,000002	0,000005	0,000000
Cobalto (Co)	0,000605	0,000395	0,000701	0,000032	0,000020	0,000071
Cobre (Cu)	0,000189	0,000133	0,000257	0,001577	-0,000010	0,000025
Galio (Ga)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Hierro (Fe)	0,000838	0,000249	0,000000	0,002203	0,000091	0,000000
Plomo (Pb)	-0,000034	-0,000027	-0,000050	-0,000034	-0,000027	-0,000053
Litio (Li)	0,002960	0,000000	0,000000	0,002180	0,000000	0,000000
Magnesio (Mg)	-4,763333	3,975611	6,997794	-2,476410	2,585115	4,760441
Manganeso	0,122675	0,060763	0,075591	0,020480	0,003255	0,003913
Mercurio (Hg)	0,000004	0,000000	0,000000	0,000004	0,000000	0,000000
Molibdeno	0,003106	0,000017	0,000035	0,000271	0,000000	0,000000
Níquel (Ni)	0,000112	0,000000	0,000083	-0,000065	-0,000077	-0,000077
Fósforo (P)	0,000000	0,000000	0,000000	0,011923	0,000000	0,000000
Potasio (K)	1,078910	3,450038	8,670588	-0,908654	2,534618	5,991471
Renio (Re)	0,000003	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Rubidio (Rb)	0,020061	0,003000	0,003958	0,002587	0,000148	0,000280
Selenio (Se)	0,000023	0,000000	0,000000	0,000051	0,000000	0,000000
Silicio (Si)	0,236045	0,073607	0,130265	0,295186	0,034286	0,040838
Plata (Ag)	0,000000	0,000004	0,000003	0,000006	0,000000	0,000000
Sodio (Na)	-21,915385	86,866412	140,654412	2,854487	71,687786	118,830882
Estroncio (Sr)	0,078199	0,000449	0,000000	0,066074	0,000000	0,000000
Teluro (Te)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Talio (Tl)	-0,000008	-0,000007	-0,000009	-0,000042	-0,000026	-0,000024
Torio (Th)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Estaño (Sn)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000118
Titanio (Ti)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Tungsteno (W)	0,000000	0,000008	0,000038	0,000000	0,000000	0,000000
Uranio (U)	0,000291	0,000079	0,000096	0,000207	0,000107	0,000134
Vanadio (V)	0,000530	0,000219	0,000289	0,000198	0,000108	0,000263
Itorio (Y)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Zinc (Zn)	0,003318	-0,000351	-0,001023	0,001629	-0,000311	-0,001032
Zirconio (Zr)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Figura 5-69. Tasas de liberación de Ag (azul: muestra relave; naranjo: muestra sedimento marino)





De la información antes mostrada, se observa que los principales solutos que se liberan de la muestra de relave son los mismos que se liberan de la muestra del sedimento marino y el valor de las tasas suelen ser superiores en las muestras de relave como consecuencia de las mayores superficies reactivas de los minerales, factor que acelera su disolución⁹⁸.

En definitiva, las mayores tasas de liberación de solutos se observaron en componentes que procederían de la solubilidad de aluminosilicatos, sales y sulfatos. Los componentes que podrían ser indicativos de la alteración de los óxidos de Fe remanentes en la muestra del relave, o de sulfuros (Fe, As, Cu, Mo y Pb, entre otros), presentan tasas de liberación muy bajas o nulas, lo que sería indicativo de la estabilidad de estas fases minerales en las condiciones del ensayo.

De la caracterización mineralógica y ensayos realizados es posible concluir lo siguiente:

- Los relaves poseen una baja reactividad en condiciones ambientales marinas.
- Los solutos mayormente liberados corresponden a los principales constituyentes de las aguas marinas (también liberados por la muestra de sedimento natural).
- Las tasas de liberación de los metales y metaloides traza son muy bajas o nulas.

Visto lo anterior, el impacto hidroquímico de la depositación de la masa del relave en ambiente marino es bajo, teniendo en cuenta que el sedimento procede de la meteorización de formaciones rocosas pertenecientes a una cuenca metalogenética y que, naturalmente, ya presentan enriquecimientos en algunos metales asociados a los yacimientos de Fe.

En relación con el **Considerando 79 de la Resolución N°13 de octubre 2018**, que señala “Luego, considerando que el análisis no se ha efectuado en el punto exacto de la descarga sino en uno “asimilable”, se requiere acompañar antecedentes teóricos relativos a la posibilidad de formación de óxido soluble a la profundidad y condiciones redox en que efectivamente son descargados los relaves provenientes de la Planta de Pellets, pudiendo valerse de referencias bibliográficas que permitan determinar dicho efecto.”

Respecto de la información solicitada en la observación, es necesario realizar las siguientes aclaraciones⁹⁹:

1. En relación a la utilización del término “asimilable” en el informe referido, es necesario indicar que este término no se emplea en referencia a que se haya ensayado una muestra geoquímica o mineralógicamente parecida (pero diferente) al material que se encuentra depositado en la Ensenada Chapaco, si no que se refiere a que la muestra de relave fresco analizada (con una reactividad

⁹⁸ La mayor superficie reactiva es consecuencia directa de la existencia de un tamaño de grano promedio menor, a raíz de los procesos físicos que ha sufrido el material durante el proceso. La muestra de relaves consiste en una masa homogénea de granulometría tamaño limo-arcilla, mientras que la muestra de sedimento natural es una masa más heterogénea con predominancia de partículas de tamaño de grano superior al limo.

⁹⁹ Lo incluido corresponde a lo señalado en el Memo de SRK Consulting elaborado por Marcela Curotto en Proyecto N° 07-2362-27, que se adjunta como Anexo 15 del Informe de Efectos III.

potencialmente mayor que la del relave actualmente depositado en el fondo de la ensenada Chapaco y que por tanto ya ha estado expuesto a la interacción con el medio marino) presenta unas tasas de liberación de solutos, y una composición mineralógica, que no difieren significativamente de las evaluadas para el sedimento natural depositado en el entorno de la ensenada¹⁰⁰. Cabe destacar que, se han medido mayores tasas de liberación de solutos de componentes como Cu, Fe, Cd, U, Se, Sn, Sb, P y Cr en el sedimento natural, respecto de lo obtenido para la muestra de relave fresco. Y esto ocurre a pesar de que el sedimento natural es un material geoquímicamente evolucionado que ya habría gastado parte de su potencial de lixiviación durante el tiempo de residencia en el medio marino. Al contrario, el relave fresco analizado aún preserva intacto todo su potencial de lixiviación en el momento de ser analizado, razón por la cual el caso analizado correspondería a “el peor de los casos”, más aún si se considera el volumen de relave almacenado en la Ensenada Chapaco. Por lo tanto, que la reactividad del relave sea “equiparable” o “asimilable” a la reactividad de las muestras tomadas de un área cercana a la ensenada Chapaco, a 7 km aproximadamente del área de depositación de relaves, daría una clara idea de la escasa reactividad de dicho relave, y la prácticamente nula incidencia sobre la estabilidad química del medio en el que está depositado.

2. Como se ha mencionado, los resultados presentados se han obtenido a través del análisis de un relave fresco. Se entiende por relave fresco aquel que ha sido muestreado en el punto de monitoreo “Drop Box 2”, en el relaveducto de salida de la Planta de Pellets antes de ser mezclado con el agua de mar. Por tanto, conserva sus propiedades químicas no alteradas, en lo que respecta tanto a la fase sólida como a la fase líquida del relave. En este sentido, respecto al relave depositado, representaría un máximo del potencial de lixiviación y liberación de solutos de los relaves (“el peor de los casos”, como se ha mencionado anteriormente, ya que el relave depositado ya habría sufrido procesos de interacción con el agua marina y, por lo tanto, después de la liberación de los componentes más soluble, habría perdido parte de su capacidad de lixiviación y liberación de solutos). La elección del análisis de una muestra de relave fresco se realizó con el objetivo de evaluar todas las etapas en la evolución geoquímica del relave que es depositado en ambiente marino. Esto es lo que se estipula en las guías internacionales que se aplican como estándares en la caracterización geoquímica de residuos mineros: guías MEND (CANMET, 2009), GARD (INAP, 2009), y AMIRA (INAP, 2002), y, en el ámbito nacional, el referente dado por la “Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras” (2015) de SERNAGEOMIN. Todas ellas señalan que las muestras que se analizan deben ser representativas y, por tanto, no haber sufrido procesos de alteración o desgaste previos al análisis. En concreto, en el Anexo 3 párrafo 8 de la guía metodológica de SERNAGEOMIN, (“Elección del tipo de muestras”) se menciona explícitamente que “en general, se recomienda tomar muestras frescas”. Si se hubieran analizado muestras del relave depositado en el fondo marino, no hubiera sido posible caracterizar la fase más reactiva del relave, y no se podría haber incluido en el estudio “el peor de los casos” para el potencial de liberación de solutos (“Etapa I” de las fases identificadas mediante el desarrollo del Test Cinético incluido en el estudio).

¹⁰⁰ Las muestras de sedimentos fueron tomadas en el exterior de la ensenada Chapaco, fuera del área de depositación de relaves (las muestras provienen de la Bahía Huasco, cerca de la desembocadura del río Huasco).

3. En la observación se solicita aclarar la posibilidad de que se formen óxidos solubles en las condiciones marinas de la depositación del relave. Según la composición mineralógica determinada mediante la metodología QEMSCAN (ver Tabla 1-1), los óxidos de Fe presentes en la muestra del relave fresco como fases secundarias corresponden a magnetita-hematites (en un rango 2,6 - 7,5). Estos óxidos de Fe son parte de componentes residuales del proceso minero, que no han podido ser seleccionados durante el proceso de concentración mineral. Son minerales de la facies oxidada del yacimiento, caracterizados por tener muy bajas solubilidades en las condiciones ambientales de la depositación (bajas temperaturas y presiones, y composición del agua marina; Blaney, 2007; Sweeton y Baes, 1970; entre otros). Esto ha quedado demostrado con los resultados del Test Cinético aplicado con un lixiviante representativo de la composición química del agua marina de la Ensenada Chapaco, obteniéndose tasas de liberación muy bajas para los componentes metálicos que podrían formar parte de la red cristalina de la magnetita-hematites.

Tabla 5-78: Mineralogía Identificada Muestras de Relaves (QEMSCAN)

Minerales	Muestras (% en peso)								Rango
	Año 2014		Año 2016						
	L102	L302	SMA1	SMA2	SMA3	SUB1	SUB2	SUB3	
Magnetite-(Hematite)	7,07	2,61	4,67	5,36	5,56	7,46	7,14	6,36	2,6-7,5
Chalcopyrite	0,11	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,02-0,11
Pyrite	0,27	0,35	0,41	0,42	0,50	0,47	0,39	0,47	0,3-0,5
Other sulphides	0,06	0,03	0,17	0,17	0,08	0,06	0,19	0,25	0,03-0,25
Chrysocolla			1,54	0,19	0,33	0,00	0,82	0,02	0,0-1,5
Quartz	1,99	1,71	1,81	1,65	1,33	0,73	2,46	0,58	0,7-2,5
Alkali Feldspar	2,91	3,99	9,12	8,88	9,32	10,27	10,99	10,61	6,9-11,0
Plagioclase	4,01	4,75							
Amphibole	35,38	36,55	49,83	52,80	49,74	45,36	44,31	50,03	35,4-52,8
Pyroxene (En-Fs)	2,35	3,57	0,43	0,56	0,32	0,27	0,33	0,37	0,3-3,6
Pyrophyllite			0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03-0,06
Epidote	0,47	0,46	0,55	0,61	0,92	0,35	0,30	0,31	0,3-0,9
Altered Micas	3,87	3,78	2,54*	2,84*	2,64*	2,41*	2,59*	2,28*	2,3-3,9
Chlorite	26,56	26,41	17,37	16,01	18,11	22,90	20,08	16,74	16,0-26,6
Biotite/Phlogopite	1,57	2,19							1,6-2,2
Clay	0,21	0,10	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,03	0,03-0,21
Talc	2,20	2,37	1,79	0,95	2,07	0,81	0,66	0,31	0,3-2,4
Sphene	2,03	1,77	1,26	1,33	1,20	2,39	2,06	1,87	1,2-2,4
Zircon	0,02	0,03							0,02-0,03
Serpentine			0,08	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02-0,08
Tourmaline			0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01-0,03
Rutile/Anatase	0,88	0,77	1,08	1,06	1,20	2,46	2,03	1,90	0,8-2,5
Other Silicates	0,46	0,15	0,17	0,15	0,08	0,05	0,30	0,11	0,1-0,5
(Ca-Fe-Mn) Carbonates	0,98	1,48	0,70	0,69	0,79	0,45	0,51	0,52	0,4-1,5
Apatite	2,09	2,40	2,80	2,47	2,84	1,13	1,06	1,35	1,1-2,8
(Ca-K-Al-Ba) Sulphates	0,08	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	0,06	0,05	0,02-0,08
Others	4,44	4,42	3,48	3,62	2,72	2,22	3,48	5,69	2,2-5,7

*Micas

Según las propiedades termodinámicas de la magnetita y hematites, podría esperarse una transformación mineralógica de estas a altas presiones y temperaturas, y condiciones redox y de pH específicas Ziemniak et al., 1995). En los fondos marinos, estas condiciones podrían darse a grandes profundidades y ambientes

hidrotermales. Es obvio que dichas condiciones no son las reinantes en el ambiente costero de la Ensenada Chapaco. La estabilidad termodinámica de dichas fases en las condiciones ambientales mencionadas está evaluada según las solubilidades y los valores de las constantes de reacción de las bases de datos utilizadas para modelación geoquímica e hidroquímica: entre otras (Zimmer et al., 2016; Wolery y Jové Colón, 2017).

Teóricamente, se ha postulado la posibilidad de la existencia de fenómenos de disolución reductiva de óxidos en medios muy reductores. Son procesos de los que no se tienen referencias en las condiciones ambientales de la depositación marina de los relaves. Hay que destacar que, a 20-30 m de profundidad, las condiciones redox de las aguas no son anóxicas (las concentraciones de oxígeno en el océano disminuyen significativamente a partir de los 40 m de profundidad, y las concentraciones de oxígeno suelen ser superiores a 1 mg/L por encima de los 50-80 m, dependiendo de las temperaturas y la advección producida por las corrientes oceánicas y litorales, entre otros factores). Por otra parte, incluso considerándose condiciones completamente anóxicas, los estudios realizados por SUMIRCO (2017), en el marco del estudio “Estudio de las reacciones producidas en sedimentos y columna de agua por descargas mineras que afecten los recursos hidrobiológicos marinos” (Proyecto FIP 2015-11)¹⁰¹, demuestran como dichas reacciones únicamente se darían por la catálisis metabólica de la existencia de la bacteria *Shewanella loihica*, que no sería común en los sedimentos marinos de las costas chilenas (esta bacteria se ha identificado en aguas profundas a 1.300 m de profundidad y contextos hidrotermales asociados al vulcanismo submarino del sector de Hawaii; Haichun et al., 2007) y ha sido manipulada genéticamente para la remediación de suelos contaminados.

Según los resultados obtenidos de las metodologías analíticas aplicadas en el citado estudio, el metabolismo de dicha bacteria estaría fuertemente controlado por la existencia de nutrientes del tipo lactato, que tampoco se han identificado en el sedimento marino de la Ensenada Chapaco. En este sentido, tanto las evidencias existentes, las leyes básicas de la termodinámica, y los resultados analíticos mostrarían la estabilidad termodinámica de la magnetita contenida como mineral secundario y/o traza en los relaves depositados en la Ensenada Chapaco.

*En relación con el **Considerando 97 de la Resolución N°13 de octubre del 2018**, que señala “En relación con la misma acción, se solicita indicar si la disminución de los caudales de descarga incidirá en la*

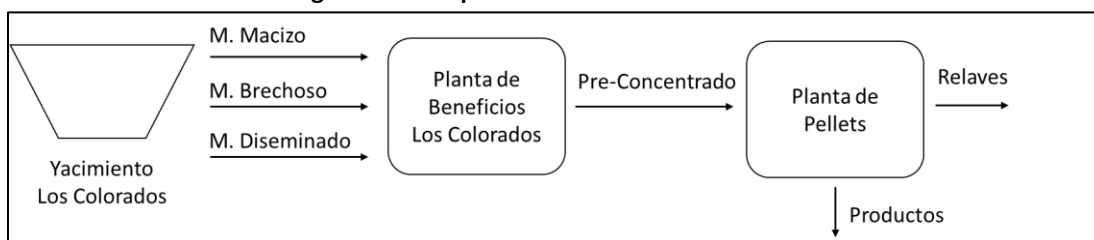
¹⁰¹ En la presentación del informe de efectos II se adjuntó la publicación y CD de la Revisión de Pares realizado al Informe Final del Estudio realizado por SUMIRCO (2017) que concluye lo siguiente: *De la revisión de los antecedentes citados, los pares concluyen que, tanto la propuesta metodológica como los resultados obtenidos del Informe Final, no pueden considerarse como representativos de los procesos que se han querido simular. El anterior juicio se basa tanto en la escasa representatividad de los materiales ensayados, como en la nula relación que existió entre las condiciones de laboratorio (simulación) y las condiciones específicas del fondo marino en la zona propuesta por el proyecto de CAP Minería para la descarga. También se destaca entre las falencias de estos documentos, la falta de un análisis con relaves reales y la no inclusión, tanto en los ensayos como en los modelos, de la caracterización específica del medio marino en la zona de los potenciales vertidos. Ello, sin considerar la falta de información de respaldo y la baja representatividad del modelo empleado. En este sentido, los revisores unánimemente concuerdan que los resultados obtenidos no pueden considerarse como una referencia para la toma de decisiones en la evaluación ambiental de un proyecto de depositación de relaves en el fondo marino.*

caracterización fisicoquímica de los relaves descargados al mar. En caso de que los parámetros se vean alterados, se deberá descartar efectos en el medio marino por la variación de los componentes de la descarga.

Respecto lo comentado en este considerando, es necesario realizar las siguientes aclaraciones¹⁰²:

1. Los relaves generados por la Planta de Pellets derivan del procesamiento por concentración magnética húmeda de mineral de hierro preconcentrado procedente de Mina Los Colorados (ver esquema en Figura 2-1). La mineralización de hierro de Mina Los Colorados, de carácter intrusivo (magmática), está compuesta, principalmente, por magnetita como mineral de mena (presencia casi nula de hematita), formando unos cuerpos mineralizados definidos por tres texturas de mena principales, en base a su ocurrencia y carácter geo metalúrgico. Estos son: Hierro Macizo, Hierro Brechoso, y Hierro Diseminado (González, 2009; Munizaga y Lagos, 2015).

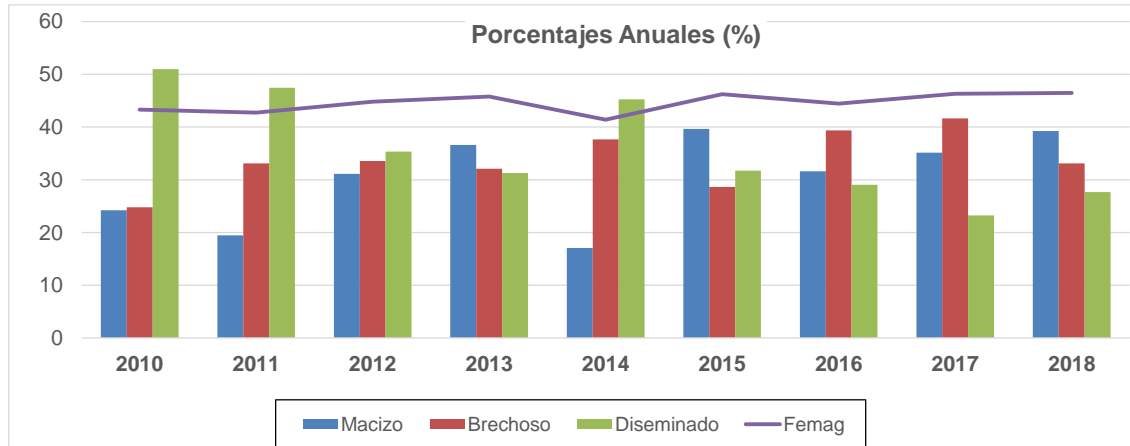
Figura 5-70: Esquema de Generación de Relaves



Dicho de otro modo, los minerales de hierro que provienen de Mina Los Colorados son tratados por conminución y concentración magnética seca en la Planta de Beneficios de Los Colorados, independientemente del tipo de textura alimentado, produciendo un preconcentrado, que ha de cumplir unos requisitos composicionales en función de la eficiencia del proceso físico, y los requerimientos técnicos de la Planta de Pellets (ver Figura 2-2). Por otra parte, la composición química y mineralógica del relave resultante será resultado de la eficiencia del concentrador magnético en la Planta de Pellets, y la composición del tipo de mineral que alimenta la Planta de Beneficio de Los Colorados. Según se ha evaluado a partir de los análisis químicos (se dispone de un monitoreo trimestral de relaves frescos desde agosto de 1994 a diciembre de 2015), y mineralógicos (Tabla 1-1), el relave resultante de la producción de los concentrados en la Planta de Pellets tiene una composición química y mineralógica variable, independientemente de la variación en las proporciones del tipo de mineral que alimenta la Planta de Beneficio. Esto es consecuencia de que la composición mineralógica de los tres tipos de mineral es muy parecida en términos del tipo de minerales presentes. Así, las diferencias petrológicas entre el mineral diseminado, macizo y brechoso obedecen a (1) el grado de mineralización, (2) los volúmenes relativos de los diferentes minerales en la ganga, y (3) las texturas mineralógicas. Según la caracterización mineralógica reportada:

¹⁰² Lo incluido corresponde a lo señalado en el Memo de SRK Consulting elaborado por Marcela Curotto en Proyecto N° 07-2362-27 que se adjunta como Anexo 15 del Informe de Efectos III.

Figura 5-71: Proporción Mineral Planta de Beneficio y % Fe Magnético en Preconcentrado



- Mineral Diseminado:** más de un 80% corresponde a una roca alterada compuesta por sericita, micas, cuarzo y biotita (alterando a la mineralogía primaria compuesta de plagioclasas y anfíboles, principalmente), un 15% a vetillas rellenas de micas blancas, clorita, y material criptocristalino opaco asociado a piritas, y un 3% de mena y componentes metálicos. El 3% de la mineralización metálica identificada corresponde a piritas como relleno de microvetillas asociada a cloritas y micas blancas, magnetita en agregados irregulares en la matriz, y hematitas y rutilo diseminados en la matriz.
- Hierro Macizo:** más de un 90% de la muestra corresponde a componentes metálicos, y un 10% restante a roca alterada (actinolitas alteradas a calcita, biotita fina y cuarzo). El 90% de la mineralización metálica identificada corresponde a magnetita formando agregados irregulares intercrecidos con las actinolitas, piritas en vetillas, y calcopirita y esfalerita en vetillas y/o asociada a la magnetita.
- Hierro Brechoso:** más de un 30% corresponde a roca alterada, un 1% a vetillas, un 5% de roca fresca, y un 60% a componentes metálicos. El volumen de roca alterada está constituido por actinolitas prismáticas alteradas a calcita, biotita y cuarzo. El 60% de la mineralización metálica identificada corresponde a magnetita formando agregados irregulares intercrecidos con anfíboles, y piritas en vetillas y diseminada.

Como conclusión, los datos disponibles referentes a la caracterización química y mineralógica de (1) los relaves, y (2) los 3 tipos de mineral procedentes de Mina Los Colorados que alimentan a la Planta de Beneficio de Los Colorados (mineral brechoso, macizo y diseminado) confirmarían que el relave producido por la Planta de Pellets se ha caracterizado por una composición química y mineralógica que se encuentran dentro de un rango estrecho de variabilidad, independientemente del volumen de relave producido.

- Si se disminuye la producción de relaves que serán vertidos al mar en los próximos 5 años como consecuencia de la optimización del proceso de producción de concentrado mediante la alimentación de la Planta de Pellets por parte de un preconcentrado de Fe magnético con una mayor ley (alimentación de la Planta de Beneficio con mineral macizo y brechoso, exclusivamente), se esperaría que la composición mineralógica del relave resultante evolucionara en los siguientes términos:

- a. El tipo de minerales presentes en el relave no variaría respecto a la composición promedio del relave actual y el depositado (ver composición de los términos macizo, brechoso y diseminado anteriormente especificado).
- b. Disminuirá la proporción de los componentes mayoritarios de la ganga del mineral diseminado, y que estarían presentes como fases secundarias o traza en el mineral macizo y brechoso (sericita, micas, clorita, cuarzo, biotita, y material criptocristalino).
- c. Aumentará la proporción de actinolitas alteradas a calcita, y cuarzo, procedentes de las gangas del mineral macizo y brechoso.
- d. Variarán ligeramente los contenidos en óxidos de Fe dependiendo de la eficiencia del concentrado magnético bajo este nuevo escenario. Para los productos actuales de la Planta, no hay variación significativa en el contenido de hierro (magnetita-hematita).

Así, los componentes que disminuirían en proporción corresponden a las fases más alteradas y reactivas del relave (productos de alteración de las mineralogías primarias), mientras que permanecerán como relativamente conservativos los componentes menos reactivos (actinolitas y otros anfíboles, cuarzo y los óxidos de Fe presentes como consecuencia de la eficiencia en la recuperación del Fe magnético). También aumentaría la proporción de los componentes carbonatados resultado de la alteración de las actinolitas residuales. En este sentido, se podría concluir que el relave resultante de dicho proceso tendría (1) un menor volumen, (2) una menor reactividad en términos de liberación de solutos a las aguas marinas, y (3) una mayor capacidad de neutralización.

Evaluación del riesgo a la salud por relave descargado al mar

La actualización de la evaluación del riesgo a la salud de la población debido a la presencia de relave desde la Planta de Pellets de CAP durante más de 30 años en las aguas someras de la costa de Huasco, específicamente en la ensenada Chapaco, considerando como mecanismo de exposición potencial, la ingesta de alimentos provenientes del mar se realizó el 2016 y se presentó en el proceso de tramitación del EIA desistido en mismo año¹⁰³.

La metodología utilizada se basa en la Guía de Evaluación de Impacto Ambiental “Riesgo para la salud de la población”, elaborada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) de manera de abordar en profundidad los cuestionamientos relativos a “Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos” (la letra a) del artículo 11 de la Ley N° 19.300).

A la luz del conocimiento actual acerca de sustancias químicas de interés para la salud pública, de acuerdo con el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (OMS-PNUMA), el análisis de riesgo de salud derivado del depósito del relave de la Planta de Pellets de CMP fue dirigido a aquellas sustancias que podrían estar presentes en el agua de la ensenada Chapaco y en los productos del mar que consume

¹⁰³ http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=8283652 Anexo 1.34 de la Adenda

la población de Huasco, como resultado de esta operación industrial. El análisis asume que los elementos químicos del relave depositado en el mar se podrían traspasar a la cadena trófica acumulándose en ciertos organismos vivos, que finalmente serían ingeridos por la población local.

Del listado de sustancias cuya potencial toxicidad se ha descrito, como de preocupación para la salud humana, se realiza el análisis de aquellas que eventualmente podrían estar presentes en el relave o en su cercanía (arsénico, cadmio, plomo, mercurio, cobre, hierro y zinc).

Con la finalidad de conocer cuáles son las concentraciones de metales que se encuentran en los productos del mar que son ingeridos por la población de Huasco, se incorporaron los análisis de bioacumulación de los productos del mar de la zona, que incluyen: chorito maico, tollo negro, langostino amarillo, bilagay y jaibas, a los cuales en esta actualización se han agregado merluza, lapa y loco. A partir de estos resultados, se determinan los niveles de exposición y de riesgo a la salud, considerando la ingesta de productos del mar, obtenida de la encuesta de consumo de alimentos realizada a la población de Huasco.

Con la finalidad de actualizar la evaluación de riesgo también en esta tercera versión, se ha realizado una completa revisión bibliográfica de la información científica disponible, así como publicaciones relacionadas con los problemas de salud de Huasco, así como se han actualizado las referencias normativas internacionales en relación a ingesta de FAO (Food and Agriculture Organization), JECFA (Joint-FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ATSDR (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry) y IOM (Institute of Medicine) en particular el grupo “Food and Nutrition Board”.

La encuesta de consumo de productos del mar, realizada en Huasco, por profesionales del Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, concluye que la ingesta estaría en torno a 10,3 kg/persona/año (según mediana) del total de productos del mar, y si se considera el percentil 90 este alcanzaría a 38,5 kg por persona año, que si bien es una cifra inferior a lo reportado en los países de mayor consumo (Japón, España), está muy por sobre lo que se ha señalado en la Encuesta Nacional de Alimentos (ENCA) para nuestro país, que es 7,2 kg/persona/año, y más alta que el consumo promedio de Colombia (6 kg), siendo muy similar al consumo promedio de México (10 kg).

En consideración al perfil de consumo de la población de Huasco, se utiliza para el análisis de riesgo en salud el consumo del percentil 90 de toda la población que es de 105,76 g/día, que podría ser considerado el peor escenario para el riesgo a la salud y cuando este valor es 0 se utilizó el percentil 95 o percentil 99 para cada producto del mar (pescados y mariscos) que se ha estudiado.

Al revisar los resultados, de los estudios de bioacumulación de metales, en productos del mar estudiados en la Bahía Chapaco: chorito maico, tollo negro, langostino amarillo, bilagay, jaibas, merluza, locos y lapas, se concluye que en general las concentraciones encontradas proporcionan márgenes de seguridad en la ingesta bastante holgados para la mayoría de las sustancias consideradas contaminantes y/o nutrientes (cobre, zinc, hierro). Esta condición se cumple para el perfil de población con mayor consumo de productos del mar de Huasco (percentil 90, percentil 95 y percentil 99). En el caso de plomo, si bien no existe norma,

en la mayoría de los productos del mar estudiados no se detecta o se encuentra en muy bajas concentraciones, por lo que no generan un riesgo a la salud por su ingesta.

Sin embargo, para el caso de mercurio, cadmio y arsénico, las concentraciones encontradas en productos del mar como resultado de la bioacumulación recomiendan ingestas menores (44 g/semana para cadmio y 171 g/semana para arsénico para el consumo de jaibas y 420 g/semana de tollo negro para metilmercurio). Cabe señalar que, de la encuesta de consumo de productos del mar, realizada a la población de Huasco, nadie refiere ingesta de tollo.

Las mayores concentraciones de metales encontradas en las jaibas de Chapaco también se presentan en otros puntos de muestreo no vinculados directamente con la descarga del relave (Cabo Norte y Punta Lacho) y el metilmercurio encontrado en pescados también se observa en otros lugares de Chile (Coquimbo y Caldera, entre otros).

Es importante señalar que, en los estudios de sustancias químicas del relave de CAP Minería, el cadmio siempre se ha notificado como no detectado (< 0.01 mg/L) y el arsénico ha estado siempre bajo, por lo cual la bioacumulación encontrada en los productos del mar de la zona, para ambas sustancias, no sería atribuible al relave depositado en el mar.

Existe amplia evidencia respecto de que las fuentes que explican el aumento del cadmio en los suelos de Chile se explican por el uso de fertilizantes que contienen esta sustancia, pero también es posible encontrarlo como parte de la corteza terrestre de nuestro país y asociado a actividades industriales vinculadas a la combustión de combustibles fósiles. En las costas chilenas el cadmio es relativamente abundante debido a que es removido de las aguas profundas y de los sedimentos por los fenómenos de surgencia (Valdés 2006, 2011).

Las elevadas concentraciones de arsénico en los productos del mar se deberían a la capacidad de bioconcentración de los organismos marinos que en su mayoría corresponden a arsénico orgánico. En los estudios revisados se estiman proporciones bajas de arsénico inorgánico con concentraciones que van entre el 1% en músculo de pescados¹⁰⁴ y 2% en moluscos¹⁰⁵ observándose hasta un 20% como máximos en moluscos¹⁰⁶, por lo cual se recomienda que en estudios futuros se cuantifique el componente inorgánico en los productos del mar, ya que es el componente relevante para la salud.

En los estudios de las sustancias químicas del relave de CAP Minería, el cadmio, mercurio y arsénico, en ensayos convencionales, se encuentran bajo los niveles de detección. Estos metales, al ser analizados con procedimientos analíticos de mayor sensibilidad, se han medido en concentraciones que no superan las

¹⁰⁴ DJH Phillips y MH Deplege. Rev Mar Ecol Prog Ser, Vol 34 página 261 a 266, 1986.

¹⁰⁵ Compendium of trace metals in marine biota. Vol 1 Plants and Invertebrates. Ronald Eisler. Editorial Elsevier. 2010.

¹⁰⁶ Oscar Díaz S. Estudio de las concentraciones de Arsénico, Mercurio, Plomo y Fenantreno en la macha (*Mesodesma donasium*) implicancias alimentarias y toxicológicas. Revista Chilena de Nutrición, vol 35, página 1 a 16, 2008.

unidades de partes por billón (10^{-6} g/l) y se presentan en menores o las mismas concentraciones que las mediciones realizadas en el sedimento natural de la Bahía de Huasco.

El Cuociente de Peligro (HQ), que es la medida de evaluación del riesgo en salud utilizada, basada en la relación entre las concentraciones de metales en los productos del mar de Huasco, según el patrón de consumo más alto de esta población y los valores de ingesta segura recomendada por FAO/OMS y ATSRD/CDC, indican que, con excepción de la ingesta del tollo negro por el metilmercurio, ningún otro producto del mar consumido por la población de Huasco está por sobre la ingesta diaria segura.

Para el riesgo en salud asociado a la ingesta de cadmio en productos del mar, la ingesta de jaibas es la que presenta el mayor HQ, considerando el consumo señalado por el percentil 99 de la encuesta de consumo aplicada a la población de Huasco. Si bien, el resultado está por debajo de 1, lo que indica que no hay riesgo para la salud, debiera recomendarse evitar un consumo excesivo. Los mariscos más consumidos en Huasco, locos y lapas no presentan riesgos dada las concentraciones de metales y metaloides y los consumos registrados.

Para el caso del consumo de merluza, que es el pescado fresco de mayor consumo en Huasco, el coeficiente de peligro (HQ), señala que para ninguno de los metales estudiados se superan los valores de referencia recomendados, por lo cual sigue siendo segura su ingesta para la población de Huasco.

Para la evaluación integral del riesgo asociado a la ingesta de productos del mar, se ha analizado el denominado THI (indicador recomendado por la US-EPA), que suma todos los HQ para todos los metales estudiados y para cada uno de los productos del mar analizados.

Los resultados de este indicador reiteran que el riesgo en salud derivado de la ingesta de productos del mar está relacionado con el consumo de tollo negro (sobreestimado) debido a la presencia de metilmercurio, por lo cual debe ser ingerido con prudencia.

Los riesgos asociados al metilmercurio y otros metales en productos del mar, ha sido reportada en otros estudios a nivel nacional, que indican que el contenido de metales trazas en aguas y sedimentos marinos enriquecido por las condiciones de origen natural y antrópico local, constituye una realidad de las costas chilenas.

Lo anterior es respaldado por los estudios de biotoxicidad aguda y crónica, realizados durante tres años consecutivos. La fortaleza de estos bioensayos es que provee una medición directa de la biodisponibilidad de los componentes de la mezcla analizada, de forma que incorpora cualquier efecto sinérgico, antagónico y/o de adición entre los diferentes contaminantes contenidos en la muestra.

Estos bioensayos para estudiar el efecto del relave de la Planta de Pellets fueron realizados durante varios años, utilizando muestras del relave recolectadas justo antes que el relave ingrese al mar en Bahía Chapaco

por el Laboratorio de Bioensayos de la Universidad de Concepción, utilizando protocolos internacionales estandarizados y aceptados como tales por la Autoridad Ambiental (DIRECTEMAR).

Los organismos “blanco” fueron seleccionados en distintos periodos de desarrollo y las respuestas evaluadas en distintos tiempos de exposición (respuestas de toxicidad aguda y crónica). Los resultados se evaluaron comparando estadísticamente las respuestas obtenidas de las muestras respecto del grupo control (sin relave), el que se corre en paralelo en idénticas condiciones de laboratorio.

Básicamente consistieron en: el ensayo con juveniles de *Monocorophium insidiosum* (organismo bentónico) se analizó su capacidad de construir guaridas en un periodo de 10 días. Con juveniles de *Aulacomia ater* (cholga) se analizó, en un periodo de 6 días, la capacidad de los organismos de generar biso (fibras de adherencia) para fijarse al sustrato (éste las genera si el individuo siente que el sustrato no representa peligro) y respuesta supervivencia. Con los gametos de *Arbacia spatuligera* (erizo blanco) se trabajó exponiendo los espermatozoides por 60 minutos, al elutriado del relave y luego se contabilizó su capacidad de fecundar óvulos. El ensayo con *Odontesthes regia* (pejerrey), consistió en exponer ovas de esta especie en envases que contenían muestras de relave, durante un periodo de 30 días, se contabilizó el número de individuos capaces de eclosionar y completar su desarrollo embrionario. El ensayo con *Emerita análoga* (pulga de mar), consistió en ponerlas en contacto con el sedimento del relave por un periodo de 8 días, contabilizando al final del ensayo los individuos enterrados que permanecían vivos. Se trabajó también con *Dunaliella tertiolecta*, analizando si su contacto con el relave disminuía el crecimiento de la microalga.

En el periodo de estudio, se realizó un total de 178 ensayos con sus 5 réplicas. Los resultados indicaron que el relave no produjo diferencias significativas respecto de los controles, por lo que se concluye que, los sedimentos del relave de la Planta de Pellet de Huasco pueden ser considerados muy bajo riesgo, desde un punto de vista eco toxicológico.

Conclusiones generales relativas a los efectos de incumplimiento con relación a la operación de un sistema de depositación de relaves descargados al mar, sin contar con la autorización ambiental respectiva

- La estructura de las comunidades marinas del área de interés (esto es, incluyendo tanto E. Chapaco como las localidades de referencia ubicadas fuera del área de influencia de los relaves), presentan una notable homogeneidad estructural en el contexto geográfico del presente estudio. Con contadas excepciones tales como la riqueza de especies móviles del medilitoral en invierno, o la riqueza y diversidad en fondos blandos, el patrón geográfico general es de marcada homogeneidad espacial en la estructura de todos los elementos de la comunidad marina aquí analizados. Esta notable homogeneidad sugiere que los procesos que estructuran las comunidades marinas en esta región son muy parecidos entre las localidades analizadas, tanto dentro como

fuera del área de influencia de la descarga de relaves producto de la operación de la Planta de Pellets de CMP.

- Los únicos descriptores comunitarios que permanecen inalterados en el tiempo durante el imputado período de infracción son la cobertura de organismos sésiles en la franja infralitoral, y la densidad en submareales de fondos rocosos y sedimentarios. Es decir, el sistema aquí analizado presenta, junto con la citada homogeneidad estructural, un claro cambio estructural en el tiempo durante el período de interés. La gran mayoría de estas variaciones corresponden a incrementos en el valor de los descriptores comunitarios, ya sea la abundancia, riqueza o diversidad en el año 2017.
- Cuales fueren los procesos responsables de estructurar esta comunidad, son aparentemente los mismos dentro y fuera de E. Chapaco. Adicionalmente, el resultado de la acción de dichos procesos es aparentemente incrementar en el tiempo la densidad de individuos, la riqueza de especies y por lo tanto la diversidad biológica.
- Ensenada Chapaco, a pesar de la depositación permanente de relaves en el periodo de infracción imputado es Banco Natural para cuatro recursos hidrobiológicos: loco, lapa negra, lapa bonete y caracol negro. Recursos que habitan en el sustrato rocoso del costado norte y sur de esta ensenada.
- La actividad fotosintética de *Lessonia trabeculata* es similar a la reportada en algas ubicadas en distintos puntos de la costa alrededor de Ensenada Chapaco, **y solo es significativa estadísticamente, aunque marginalmente menor** en aquellas ubicadas en un punto más cercano a la descarga, a 9 m de profundidad. Este resultado permite suponer que factores como la sedimentación y resuspensión local del relave podrían afectar el rendimiento fotosintético de algas, sólo a dicha profundidad debido a una menor penetración de la luz.
- El incremento en la profundidad del relaveducto submarino, disminuyó la cobertura de *Enteromorpha* spp. en el área de influencia de la Planta de Pellets de CMP.
- Las marejadas y la turbidez corresponden a factores ambientales asociados a la presencia del alga *Enteromorpha* spp. para dos sitios ubicados dentro de Ensenada Chapaco. Sus resultados evidencian que la turbidez y las marejadas, no así su interacción, tienen un efecto significativo sobre la presencia de esta alga dentro de Ensenada Chapaco, con mayor cobertura en el sitio “Ensenada Chapaco ubicado a “150 m ex relaveducto intermareal”. A pesar de su presencia en E. Chapaco se entregan antecedentes teóricos que avalan que género *Enteromorpha* es un componente habitual de los intermareales rocosos de la costa de Chile sin grados de perturbación.
- La caracterización mineralógica del relave indica que éstos poseen una baja reactividad en condiciones ambientales marinas, **y prácticamente nula incidencia sobre la estabilidad química del**

medio en el que está depositado. Que los solutos mayormente liberados corresponden a los principales constituyentes de las aguas marinas (también liberados en sedimento natural), y que las tasas de liberación de los metales y metaloides traza son muy bajas o nulas.

- El Cuociente de Peligro (HQ), que es la medida de evaluación del riesgo en salud utilizada, basada en la relación entre las concentraciones de metales en los productos del mar de Huasco, según el patrón de consumo más alto de esta población y los valores de ingesta segura recomendada por FAO/OMS y ATSRD/CDC, indican que, con excepción de la ingesta del tollo negro por el metilmercurio, ningún otro producto del mar consumido por la población de Huasco está por sobre la ingesta diaria segura.

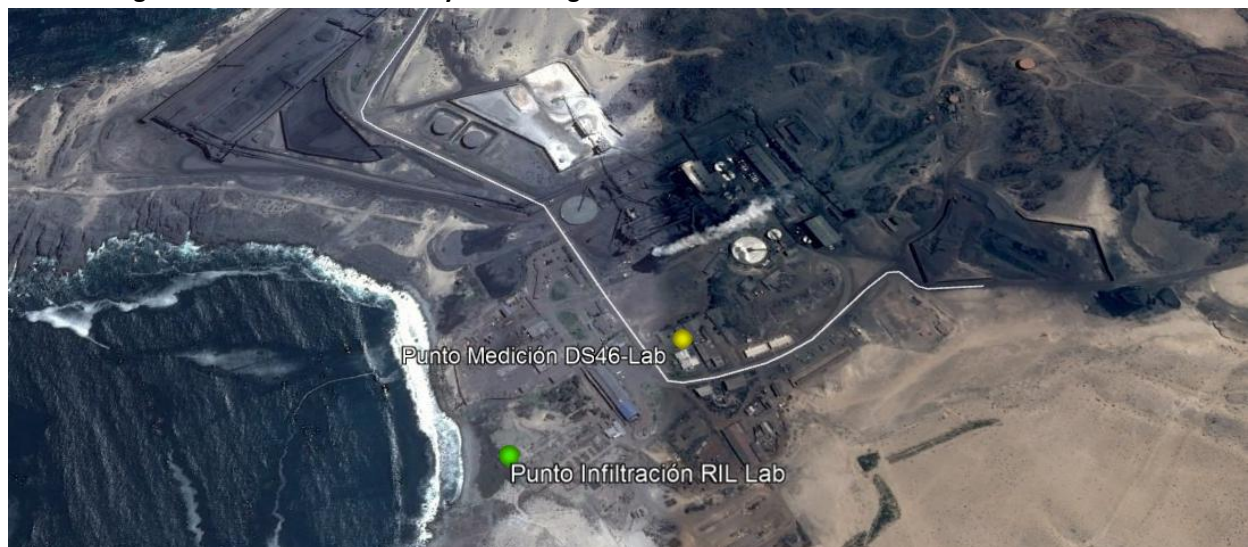
5.2.6 HECHO 18:

Se verifica una superación en los niveles máximos permitidos de ciertos contaminantes establecidos en la norma de emisión, durante los meses de diciembre de 2014 y diciembre de 2015, según tabla N° 2 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.

5.2.6.1 Descripción del Hecho

De la revisión de los autocontroles remitidos por el titular, en cumplimiento del programa de monitoreo de la calidad del efluente del laboratorio de la Planta de Pellets, con relación a la descarga efectuada en el punto que se indica en la figura siguiente (Figura 5-72), se verifica la superación de los niveles máximos permitidos para Boro y pH durante los meses de diciembre 2014, enero, febrero, abril, mayo, julio y diciembre del 2015.

Figura 5-72. Punto de control y de descarga del efluente del laboratorio de la Planta de Pellets



La distancia entre el punto de infiltración de la descarga y la zona de rompiente es alrededor de 100 metros (zona intermareal de las playas de arena de Ensenada de Chapaco).

La tabla siguiente (Tabla 5-79) da cuenta de la superación de los valores máximos permitidos en Boro en 9 monitoreos, con una excedencia promedio de **0,097 mg/l** (con relación al límite regulatorio de 0,75 mg/l) por sobre el límite regulatorio (en un rango entre 0,001 hasta 0,35 mg/l). Adicionalmente el mes de mayo del 2015 se presentan 18 valores con excedencia del pH hacia una mayor acidificación del ril observándose un pH promedio de esos días de 4,81.

Tabla 5-79. Reporte superación del D.S.46/2002

Período	Parámetro	Unidad	Valor reportado	Límite exigido	Superación	Porcentaje de var.
dic-14	Boro	mg/l	0,855	0,75	0,105	14,0%
	Boro	mg/l	0,809	0,75	0,059	7,9%
ene-15	Boro	mg/l	0,832	0,75	0,082	10,9%
feb-15	Boro	mg/l	1,1	0,75	0,35	46,7%
abr-15	Boro	mg/l	0,793	0,75	0,043	5,7%
may-15	pH	unidades de pH	5,98	6-8,5	0,02	0,3%
	pH	unidades de pH	5,44	6-8,5	0,56	9,3%
	pH	unidades de pH	5,76	6-8,5	0,24	4,0%
	pH	unidades de pH	5,48	6-8,5	0,52	8,7%
	pH	unidades de pH	5,84	6-8,5	0,16	2,7%
	pH	unidades de pH	5,84	6-8,5	0,16	2,7%
	pH	unidades de pH	5,76	6-8,5	0,24	4,0%
	pH	unidades de pH	5,12	6-8,5	0,88	14,7%
	pH	unidades de pH	4,48	6-8,5	1,52	25,3%
	pH	unidades de pH	4,44	6-8,5	1,56	26,0%
	pH	unidades de pH	4,12	6-8,5	1,88	31,3%
	pH	unidades de pH	3,99	6-8,5	2,01	33,5%
	pH	unidades de pH	3,86	6-8,5	2,14	35,7%
	pH	unidades de pH	4,01	6-8,5	1,99	33,2%
	pH	unidades de pH	4,12	6-8,5	1,88	31,3%
	pH	unidades de pH	4,15	6-8,5	1,85	30,8%

Período	Parámetro	Unidad	Valor reportado	Límite exigido	Superación	Porcentaje de var.
	pH	unidades de pH	4,16	6-8,5	1,84	30,7%
	pH	unidades de pH	4,1	6-8,5	1,9	31,7%
	Boro	mg/l	0,821	0,75	0,071	9,5%
jul-15	Boro	mg/l	0,772	0,75	0,022	2,9%
dic-15	Boro	mg/l	0,891	0,75	0,141	18,8%
	Boro	mg/l	0,751	0,75	0,001	0,1%

Elaboración propia con los datos indicados en Tabla 2 Res Ex N°1/ROL D-002-2018 SMA.

5.2.6.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Las normas infringidas son el D.S. N° 46 que establece “Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas” en sus artículos 15° y 16° y la Resolución Exenta N°1379/08 de la SISS.

El DS N46/2003 se señala específicamente en:

- Art 15°: Las fuentes emisoras deberán cumplir con los límites máximos permitidos a la presente norma respecto de todos los contaminantes normados.
- Art 16°: Los contaminantes que deberán ser considerados en el monitoreo serán los que señale la SISS, atendida la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.

En la Resolución Exenta N°1.379 del 2008 de la SISS, establece los límites máximos exigibles a esta descarga en su numeral 3.2. “En la tabla siguiente los límites máximos permitidos en concentración para los contaminantes asociados a la descarga y el tipo de muestra que debe ser tomado para su determinación”.

Parámetro	Unidad	Límite máximo	Tipo de muestra	Frecuencia Mensual Mínimo
Caudal	M3/d		Puntual	12
pH	Unidad	6,0-8,5	Puntual	12
Boro	mg/L	0,75	Compuesta	1
Cromo hexavalente	mg/L	0,005	Compuesta	1
Fluoruro	mg/L	1,5	Compuesta	1

Tabla exigida por SISS en RE N°1.379/2008.

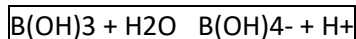
5.2.6.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental es preservar la calidad del recurso hídrico subterráneo, a través del establecimiento de límites máximos de descarga de contaminantes que podrían afectarlo y en este caso específico con relación a boro y pH.

5.2.6.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

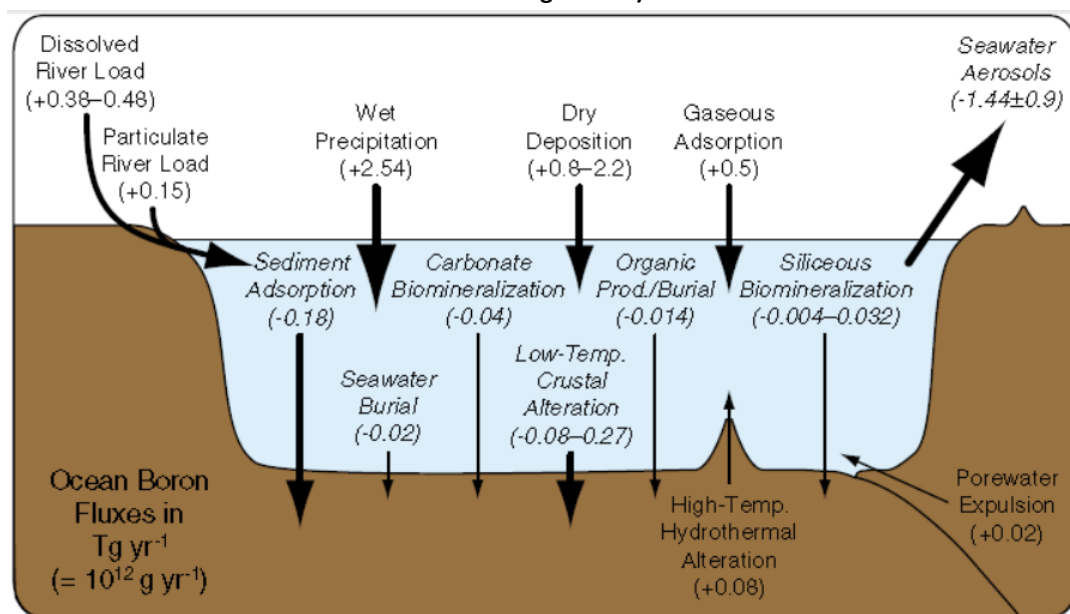
Efectos del Boro en el agua de mar

La composición isotópica de boro en los carbonatos marinos se considera un marcador del pH del agua de mar. En términos fisicoquímico, el Boro se encuentra en la columna de agua bajo el equilibrio entre boratos y ácido bórico:



En solución acuosa, la distribución de equilibrio de B(OH)_3 y B(OH)_4^- se sabe que depende en gran medida del pH, de manera que a valores superiores a pH 8,6 predominan los boratos mientras que a pH más bajo el ácido bórico es la especie dominante. En el agua de mar (pH=8.2) el ion borato representan aproximadamente el 28.5% de las especies de boro correspondiendo al 6% de alcalinidad del agua de mar, aportando a la capacidad del océano para neutralizar el CO_2 antropogénico y por lo tanto resistir cambios en el pH (Klochko et al 2006).

Figura 5-73: Afluencias y efluvios de boro para el océano mundial en Tg año^{-1} (basado en estimaciones de Park y Schlesinger 2002)



Fuente: Carl J. Carrano & Stephen Schellenberg & Shady A. Amin & David H. Green & Frithjof C. Küpper: Boron and Marine Life: New Look at an Enigmatic Bioelement. Mar Biotechnol (2009) 11:431–440

Toxicidad del Boro en organismos marinos

Diversos autores a nivel internacional testearon el efecto de distintas concentraciones de Boro en la columna de agua sobre la supervivencia, crecimiento y capacidad fotosintética de diversos organismos

marinos. A continuación, se detallan los efectos que refieren referencias bibliográficas (Butterwick et al 1989, Howe et al 1998):

1. En peces marinos (Coho salmon y Limanda limanda), principalmente en estadios tempranos de su ciclo de vida (larvas y juveniles) se documentó que la concentración máxima capaz de matar el 50% de los individuos testeados (LC50) de B se encuentra entre los 12-90 mg/L aproximadamente.
2. En anfibios no se detectan efectos salvo que la concentración aumente a 9,6 mg/L
3. Para el género Euglenoida¹⁰⁷ (microalgas unicelulares) se reduce la división celular en un 5% al exponerse a 1,0 mg/L de Boro.
4. El efecto en algas se traduce en una reducción de la capacidad fotosintética y en una disminución en las tasas de crecimiento, principalmente cuando existe un valor mayor o igual a 50 mg/L.

Sin embargo, cabe señalar que por el contrario para ciertas cianobacterias y diatomeas el boro es esencial ya que es un micronutriente siendo relativamente tolerables a concentraciones altas de B (Carrano et al 2009).

En el mar, las mayores concentraciones de boro se encuentran en los sedimentos y la roca sedimentaria, particularmente, en los sedimentos marinos ricos en arcilla. El agua de mar presenta una alta concentración de Boro, que promedia cerca de 4,5 mg/l de Boro.

En este caso, el incumplimiento en los límites máximos establecidos para la descarga del efluente del laboratorio de la Planta Pellets se realiza considerando que el punto de infiltración se encuentra muy cercano al sector playa de la Ensenada de Chapaco (aproximadamente 100 mts), por lo cual se ha definido que la afectación del recurso hídrico sería sobre la calidad del agua de mar y eventualmente sobre la pluma de intrusión salina en la Ensenada de Chapaco.

El agua de los océanos cuya superficie corresponde a un tercio de la superficie del planeta, recibe las sales que son solubilizadas por el ciclo de agua. Se estima que la cantidad de sales que llegan al océano anualmente desde los continentes alcanza a 3×10^{12} kg, por lo que se requerirían aproximadamente 1.000 años, para lograr observar un aumento de 0,0003 g de sal sobre el promedio de la salinidad del agua de mar. Por ello, la cantidad promedio de sal en los océanos se considera constante, así como la proporcionalidad de sustancias químicas disueltas.

Si bien el caudal de descarga del laboratorio de la Planta de Pellets es muy variable, dependiendo de las actividades, se reconoce una descarga promedio en torno a los 150 m³/día (con un rango que fluctúa entre 10 a 700 m³/día).

¹⁰⁷ Euglenoidea, Euglenida, Euglenophyta o euglenoideos es uno de los más conocidos grupos de protistas flagelados, comúnmente presentes en agua dulce, en especial cuando ésta es rica en materia orgánica.

Considerando que el agua de mar presenta una concentración promedio de Boro de 4,5 mg/l, los incrementos observados en el ril del laboratorio cuyo valor máximo reportado durante todo el período (febrero 2015) es 1,1 mg/l, muy por debajo de las concentraciones del agua de mar, permiten concluir que no habría afectación a los organismos del ecosistema marino.

Este mismo efecto de estabilidad del agua de mar, se observa en relación con el pH, que es ligeramente alcalino, y el valor de su pH fluctúa entre 7.5 y 8.4. La evidencia demuestra que el mar es un importante tampón químico que mantiene su pH alcalino a pesar de las descargas de ríos (la mayoría con pH bajo 5 o 6); con flujos de caudal en sus descargas sostenidas en tiempo: por lo cual neutraliza el aporte de un ril con mayor acidez que se produce en algunos días y horas de la descarga. La reducción del pH desde el 2012 a la fecha, se registra solamente en las mediciones realizadas en el mes de mayo del 2015, donde el pH baja hasta 3,86¹⁰⁸ donde se constatan fallas operacionales.

Cabe señalar que el mar es un gran sistema de equilibrio químico que tiene el efecto de estabilizar el pH, manteniéndose en el rango previamente señalado sin variaciones, aún frente a descargas de concentraciones muy elevadas de iones hidrógeno.

Efectos del Boro en cultivos

No se ha considerado la afectación del agua de riego de cultivos porque el punto de infiltración se encuentra en un sector industrial muy alejado de sectores de cultivos y la direccionalidad del flujo de las aguas subterráneas no permitiría que la descarga en este punto de infiltración pudiera subir hacia el Valle de Huasco.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°18 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, no se generan efectos.

¹⁰⁸ Valor que fue reportado en el muestreo del mes de mayo 2015 a la SISS fuera de plazo.

5.3 Hechos relacionados con el Transporte Ferroviario entre Los Colorados y Planta de Pellets

5.3.1 HECHO 2:

“Se verificó una superación de los niveles máximos de concentración mensual de Hierro en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Formulación de Cargos en la Tabla N°6 del capítulo V, de la formulación de cargos”.

5.3.1.1 Descripción del Hecho

Según se indica en la Formulación de cargos, este hecho infraccional se refleja en los siguientes considerandos indicados en la Res. Ex. N° 1/ROL D-002-2018:

Considerando 85.

“Que, la superación de emisiones de Hierro en MPS, actualizado a julio 2017, se sintetiza en la siguiente Tabla.

Tabla N°6 Superación de emisiones de Hierro en MPS

Estaciones	Período	Valores reportados (mg/m ² /d)
Población Huasco II	Diciembre/2014	31.92
	Febrero/2015	62.19
	Junio/2015	61.12
	Septiembre/2015	60.09
	Noviembre/2015	107.66
	Diciembre/2015	50.33
	Enero/2016	64.85
	Febrero/2016	90.17
	Abril/2016	65.02
	Mayo/2016	73.19
	Junio/2016	65.01
	Julio/2016	66.29
	Septiembre/2016	79.44
	Octubre/2016	85.51
	Noviembre/2016	45.85
	Diciembre/2016	60.27
	Enero/2017	60.27
	Abril/2017	83.3

	Mayo/2017	69.7
	Junio/2017	153.7
	Julio/2017	65.1
	Agosto/2017	179
	Septiembre/2017	69.6
	Octubre/2017	63.1
Estación N° 2	Noviembre 2016	31.7
Estación N° 4	Noviembre 2016	31.49
	Diciembre 15°/2016	34.98
Estación N°5	Septiembre/2016	35.18
	Noviembre/2016	30.6
Estación N°6	Agosto/2015	33.39
	Octubre/2016	32.13
	Noviembre/2016	31.63
	Diciembre/2016	32.29

Fuente: Elaboración propia en base a reportes del Titular ingresados al Sistema de Seguimiento Ambiental.

Considerando N° 21

Con fecha 16 de septiembre de 2013, don Wilhelm Von Mayenberger Rojas formuló ante esta Superintendencia una denuncia en contra de CMP, solicitando la fiscalización de la actividad relacionada con el carguío de trenes con preconcentrado de hierro, con el objeto de transportarlo a diferentes zonas, la que era desarrollada por el Titular en la localidad de Maitencillo, comuna de Freirina. Ello, debido a que dicha operación generaría emisiones de concentración de hierro, como material en suspensión en partículas de diferentes tamaños, a la cual son expuestos permanentemente los habitantes de dicha localidad, generando riesgo para su salud y que, posteriormente, sedimentan al suelo y se depositan en áreas cultivables, plantaciones y árboles.

Considerando N°22.

Adicionalmente, el denunciante señala que, en particular, su actividad económica consistente en la plantación y producción de olivos se ha visto seriamente perjudicada por la cantidad de hierro que se deposita en el follaje de dichas especies, el cual disminuiría el proceso natural de fotosíntesis y afectaría severamente la calidad de su producción. Al respecto, indica haber realizado por cuenta propia un estudio de la calidad del suelo, constatando la depositación de una alta concentración de hierro en dicho recurso y, particularmente, en áreas cultivables. Al efecto, acompañó tres Informes de Ensayo emitidos por ANAM que analizan muestras de suelo de sectores El Olivo, Juan Zavala, La Puntilla y un set de tres fotografías (área carguío, zona poblada, ubicación de muestras de análisis de suelo).

Considerando N° 23.

En complemento de la denuncia antedicha, el 15 de abril de 2014, el denunciante presentó a esta Superintendencia una carta por la cual reitera su preocupación por las concentraciones de hierro producidas por la actividad de CMP.

Considerando N°24.

Con fecha 16 de diciembre de 2013, mediante Ord. U.I.P.S. N° 1073, esta Superintendencia informó al denunciante el hecho de haberse iniciado una investigación por los hechos denunciados, conforme a las atribuciones y procedimientos legales correspondientes y asignó a dicha denuncia el N° 1016-4. Tal denuncia dio origen a una inspección ambiental llevada a cabo por esta Superintendencia el día 11 de abril de 2014, la que se plasmó en el informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2014-146-III-RCA-IA, del cual se dará cuenta en el capítulo V.B.- de la presente resolución.

5.3.1.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°2, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 215/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 5.1. Síntesis Participación Ciudadana. Respuesta N° 19**
Respuesta: (...) Titular determinó que dada la complejidad de modelar el MPS, presenta en Anexo 2 una actualización del inventario de emisiones, donde estima que prevé una disminución del MPS en cada una de las estaciones de monitoreo, en particular en este caso en la estación Maitencillo, además determina que un análisis del comportamiento de las mediciones en esta última, el cual permite afirmar que la normativa vigente se verá cumplida una vez se implemente el presente Proyecto.
- **Considerando 5.1 Síntesis Participación Ciudadana. Respuesta N° 6: (...) Material Particulado Sedimentable y Hierro en el MPS:** De acuerdo con lo establecido en el D.S. N°4/1992 del Ministerio de Agricultura, rige sobre el Valle del Huasco la norma secundaria de Material Particulado Sedimentable, cuyas disposiciones deben cumplir todas aquellas fuentes cuya emisión de material particulado al aire sea mayor a 1 ton/día.

Contaminante	Norma	Unidad	Período de Aplicación de la Norma
Hierro en Material Particulado Sedimentable (MPS) (*)	60/30	mg/ m ² -día	Concentración Media Aritmética Mensual
	30		Concentración Media Aritmética Anual

Dicha norma establece límites máximos permisibles para la tasa de precipitación de MPS de 150 mg/m²-día como concentración media aritmética mensual y 100 mg/m²-día como concentración media aritmética anual, sin embargo, en su Artículo N°9, señala que para efectos de controlar y fiscalizar las concentraciones de MPS provenientes de Planta de Pellets **sólo se considerarán las normas fijadas para el elemento hierro en el MPS** cuyos límites se presentan en la siguiente tabla.

- (*) Norma secundaria cuyo valor máximo mensual es 30 mg/m²-día durante septiembre, Octubre, Noviembre y la primera mitad de Diciembre y 60 mg/m²-día durante el resto del año.
- **Considerando 6.1.2 Material Particulado Sedimentable y Hierro en el Material Particulado Sedimentable.** De manera análoga al caso del MP10, el Proyecto implica una reducción en las emisiones de material particulado sedimentable y, por lo tanto, de hierro en este último (...) El titular señala que, la emisión de material particulado sedimentable, y en consecuencia la de hierro como parte de este último, también disminuirán.
 - **Considerando 12.1.7: Decreto Supremo N°04/1992 del Ministerio de Agricultura, que establece norma secundaria de calidad del aire para material particulado sedimentable (MPS) y hierro en dicho material, en la cuenca del Río Huasco:** (...) el objetivo de la norma secundaria es la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables. **Cumplimiento:** En (...) Adenda N° 3, donde además determina que el presente Proyecto implica reducir en un 32 % las emisiones de material particulado desde las fuentes puntuales de Planta de Pellets y que reducirá en aproximadamente un 50% las emisiones desde las fuentes areales de Planta de Pellets, por lo que estima que es posible acreditar que el proyecto cumplirá con lo establecido en el decreto de referencia, situación que continuará siendo verificada mediante el monitoreo de MPS y de hierro contenido en el mismo en las estaciones y con la frecuencia conocidas por CONAMA y la Autoridad Sanitaria.
 - **Finalmente se estima que el titular del proyecto habría infringido lo indicado en el Decreto Exento N° 4/1992, del Ministerio de Agricultura, más específicamente, lo establecido en el artículo 9 del citado cuerpo legal:**

“Artículo 9: Para los efectos de controlar y fiscalizar las concentraciones de material particulado sedimentable provenientes de la Planta de Pellets ubicada a 4 km. al sur de la ciudad de Huasco, enfrentando la ensenada Chapaco, Provincia de Huasco, III Región, sólo se considerarán las normas fijadas para el elemento hierro en el material particulado sedimentable, señaladas en las letras b) y d) del artículo 4° del presente decreto. Esta fuente emisora no podrá sobrepasar estas concentraciones máximas”.

5.3.1.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones y normas eventualmente infringidas se relaciona con el seguimiento y monitoreo de la variable ambiental calidad del aire, específicamente por el contenido de fierro en el MPS.

Es importante considerar que el objetivo ambiental relacionado con la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables considera por esa misma razón valores diferentes para períodos distintos durante el año. A saber:

- a) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 (mg/(m²/día)) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera

mitad de diciembre en el que ésta será de 30 (mg/(m²/día)) como concentración media aritmética mensual.

- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 (mg/(m²/día)) como concentración media aritmética anual

5.3.1.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Para realizar un correcto análisis de los potenciales efectos negativos indicados en los hechos constatados para el Cargo N°2, debe considerarse inicialmente que, la norma que regula el contenido de hierro en MPS (D.S. N° 04/1992 del Ministerio de Agricultura), no aplica a la Estación Población Huasco II, ya que el objetivo de la norma es la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables, estando ubicada la estación Población Huasco II en zona urbana y es solamente utilizada como referencia.

Figura 5-74. Ubicación Estación Huasco II en contexto urbano.



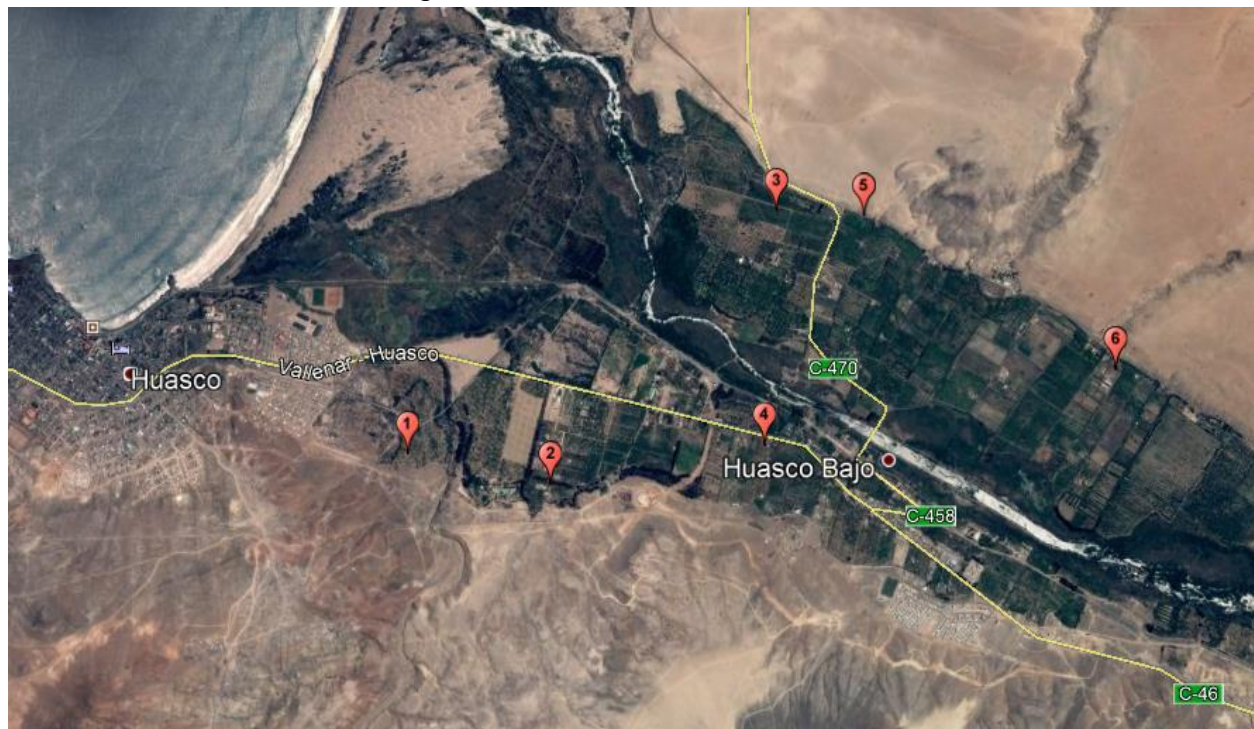
Fuente: GAC.

Por esta razón el análisis de excedencias en este informe se realiza para las 6 estaciones de MPS ubicadas en el Valle del Huasco, las cuales se muestran en la Figura 5-75.

Cabe hacer presente, que las estaciones indicadas en la Figura 5-75, han sido aprobadas mediante Resolución Exenta N° 138/1998, de la Dirección Regional de Atacama del Servicio Agrícola Ganadero, y son las utilizadas como referencia para hierro en áreas silvoagropecuarias y con presencia de recursos naturales renovables.

En la Figura a continuación se muestra la red de monitoreo existente en el Valle del Huasco orientada al seguimiento de concentración de hierro en MPS (D.S. N° 04/1992 del Ministerio de Agricultura).

Figura 5-75. Estaciones monitoras red CMP



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

El Artículo 4° del Decreto N°4/1992 indica: “*Establécese, como norma secundaria de calidad ambiental, los siguientes valores máximos permisibles:*”

- a) *Hierro en el material particulado sedimentable: 60 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre en el que ésta será de 30 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual.*
- b) *Hierro en el material particulado sedimentable: 30 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética anual*

El Hecho imputado (2) consistió en la superación de la norma que establece el contenido de hierro en MPS, en las estaciones y oportunidades que se muestran en la Tabla 5-80. En esta se muestran, en celdas sin color, los valores con excedencia indicados por la autoridad en la Tabla N° 6 del Capítulo V Considerando N° 85, de la Formulación de Cargos. En amarillo se indica un valor, que, si bien aparece en la mencionada Tabla, no como excedencia ya que pertenece al mes de agosto donde el umbral es de 60 mg/m²/d. En azul se muestran tres excedencias no reportadas por la autoridad. La Tabla 5-81 muestra las excedencias registradas el año 2017 hasta el mes de noviembre.

Tabla 5-80. Excedencias Fe-MPS periodo reportado autoridad

Estación	Periodo	Valores reportados Fe-MPS (mg/m ² /d)
N°2	Noviembre/2016	31,7
N°3	Noviembre/2016	33,5
N°4	Noviembre/2016	31,5
	Diciembre/2016	36,0
N°5	Noviembre/2014	33,3
	Septiembre/2016	35,2
	Noviembre/2016	30,6
	Diciembre/2016	48,5
N°6	Agosto/2015	33,4
	Octubre/2016	32,1
	Noviembre/2016	31,6
	Diciembre/2016	32,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-81. Excedencias Fe-MPS año 2017, enero a noviembre

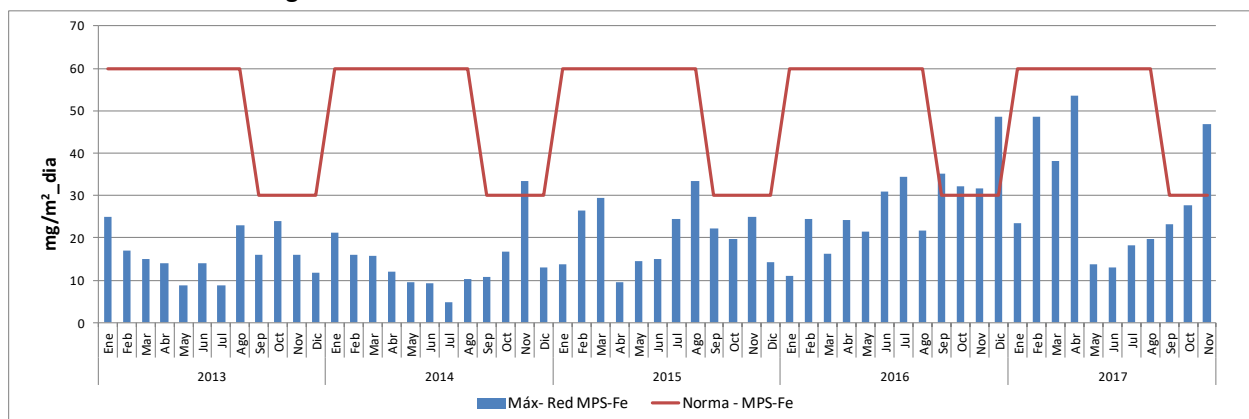
Estación	Periodo	Valores reportados Fe-MPS (mg/m ² /d)
N°2	Noviembre/2017	30,9
N°3	Noviembre/2017	38,3
N°4	Noviembre/2017	46,7
N°5	Noviembre/2017	32,6
N°6	Noviembre/2017	37,2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-76 se muestran los máximos mensuales considerando la totalidad de los datos, desde el año 2013 a noviembre de 2017 para el Fe en MPS, es decir se muestra el valor de cada estación con el mayor registro en ella, situación más desfavorable desde un punto de vista analítico.

Se puede apreciar que, en general, las excedencias no superan los 6 (mg/m²/d) sobre la norma, con la excepción del máximo para diciembre 2016 en la estación N° 5 y el máximo para noviembre 2017 en todas las estaciones, con valores de 48,5 mg/m²/d y 46,7 mg/m²/d, respectivamente. Para determinar los efectos producto de la superación de la norma, se utilizarán esos valores máximos, lo que representa un análisis conservador, o como establece el DS 40/2012 del Ministerio de Medio Ambiente ***“Cuando corresponda, la predicción y evaluación de los impactos ambientales se efectuará considerando el estado de los elementos del medio ambiente y la ejecución del proyecto o actividad en su condición más desfavorable.”*** (énfasis agregado).

Figura 5-76. Fe-MPS máximo. Promedio mensual año 2013 a 2017

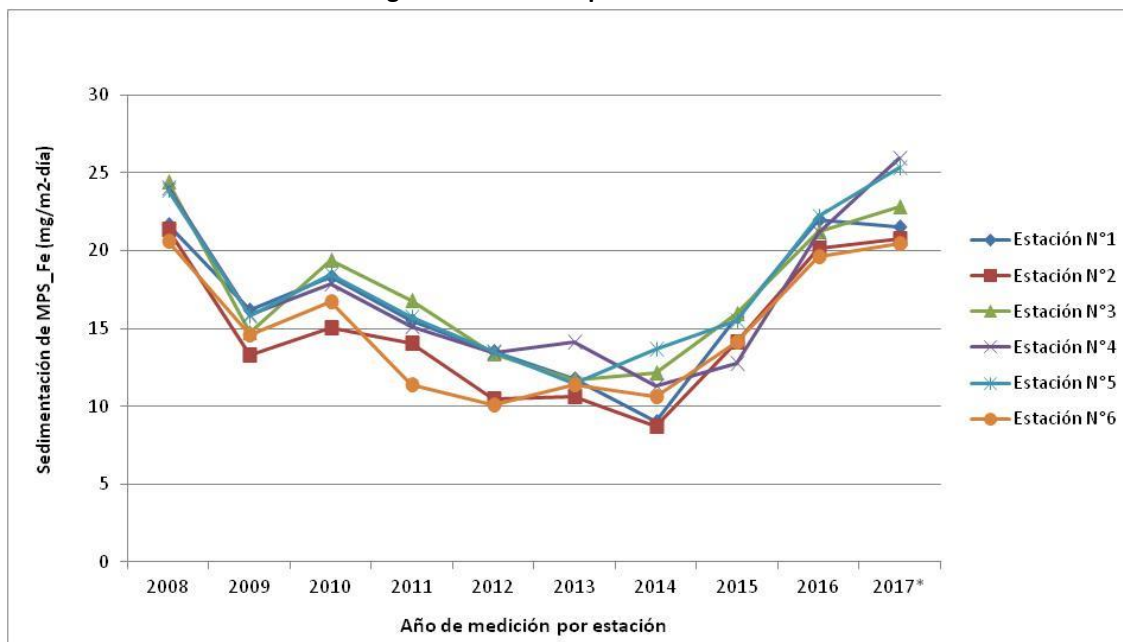


Fuente: Elaboración propia

En la Figura anterior, se muestra el número de excedencias por año y estación para tasas de depositación máximas mensuales de Fe en MPS. Se puede observar que existe una (1) excedencia el año 2014, cuatro (4) excedencias el año 2016 y una (1) el año 2017, cabe considerar que para el año 2017 no está disponible el mes de diciembre.

En la Figura 5-77 se puede observar que no se presentan excedencias para concentración media aritmética anual para el hierro en MPS ($30 \text{ (mg/(m}^2\text{/día))}$).

Figura 5-77. Fe-MPS promedio anual.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados entre el período 2013-2017 presentado en la Figura 5-76, se puede inferir que la superación de la norma establecida mediante el D Ex N° 04/1992 del Ministerio de Agricultura, podría tener un efecto, dado que, de un universo de 60 meses, la norma fue excedida en 6 meses. La superación máxima fue de 55% respecto de la norma para el evento de diciembre de 2016. Para analizar los efectos de estas superaciones, sobre la actividad silvoagropecuaria y los recursos naturales renovables se presentan los antecedentes en la siguiente sección.

Análisis de los potenciales efectos negativos sobre las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables.

En la presente sección, se han considerado aquellos efectos vinculados con las actividades silvoagropecuarias y los recursos naturales en el valle del Huasco. Se realiza especial énfasis en el análisis, con relación a la parcela de Olivos del Sr. Wilhelm von Mayenberger Rojas.

i. Toxicidad del hierro en suelo y plantas

El hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre. Los óxidos de hierro son minerales de formación geológica reciente provenientes de fracturas de rocas o elementos del suelo, dado que no se encuentran unidos con otros compuestos tipo silicatos, es común encontrarlo como óxidos libres (Acevedo et al. 2004). De hecho, por lo menos un 5 % de la corteza terrestre está constituida por este elemento, de acuerdo con Besoain (1985) los óxidos de fierro están presentes en prácticamente todos los tipos de suelo cambiando solamente su cantidad, la que usualmente se expresa como porcentaje variable entre 0,5 y 5%. El hierro, es el cuarto más abundante en la lista de elementos químicos presentes en la corteza terrestre. Pese a ello, su biodisponibilidad en el suelo es normalmente muy baja. Se encuentra asociado a las hematitas (Fe_2O_3) y siderita (FeCO_3). También se presenta en combinaciones con la materia orgánica. No obstante, la disponibilidad de hierro para las raíces de las plantas normalmente es muy bajo.

El hierro es el micronutriente más requerido por las plantas. Desempeña un importante papel en los procesos de la fotosíntesis como catalizador de la ruta biosintética de la clorofila, aportando al sistema enzimático para la regulación de varios pigmentos fotosintéticos (Miller et al., 1984; Marschner, 1995). Posee una baja movilidad en la planta, encontrándose su contenido entre los 20 a 3.000 mg/kg, siendo su rango apropiado entre los 50 a 300 mg/kg. La raíz lo absorbe como Fe^{2+} y Fe^{3+} o como quelato, siendo su movilidad media, transportándose vía xilema (Castellanos et al., 2000). La carencia de fierro en las plantas, o clorosis férrica, es uno de los estreses abióticos más importantes en plantas, sobre todo en aquellas plantas o cultivos que se desarrollan en terrenos con sustrato cálcico (Martínez, 2012¹⁰⁹). El síntoma típico de la carencia de fierro en plantas es la clorosis de hojas jóvenes. Esto se debe a que el hierro es muy poco

¹⁰⁹ Martínez, M-R. 2012. Respuestas del Sistema de absorción de Hierro en las raíces de cítricos ante diferentes condiciones clorosantes del medio. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. 200 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Mary_Rus_Martinez-Cuenca/publication/291972348_Respuestas_del_sistema_de_absorcion_de_hierro_en_las_raices_de_los_citricos_ante_diferentes_condiciones_clorosantes_del_medio/links/58343a4b08ae004f74c83fb4/Respuestas-del-sistema-de-absorcion-de-hierro-en-las-raices-de-los-citricos-ante-diferentes-condiciones-clorosantes-del-medio.pdf

móvil al interior de la planta. Esto ocurre con frecuencia en parrones y frutales de crecimiento temprano, debido a que la disponibilidad del nutriente es muy baja a menor temperatura.

En suelos inundados se produce la reducción microbiana de Fe^{3+} insoluble a Fe^{2+} , lo que produce síntomas de toxicidad por fierro en hojas (Becker and Asch 2005). El único cultivo que ha mostrado efectos negativos por toxicidad por hierro corresponde al arroz, asociado a desórdenes fisiológicos bajo condiciones de inundación, dichos desórdenes se identifican por un bronceado de las hojas (Hernández, 2002). Sin embargo, los mismos autores reportaron que las plantas que se desarrollan en suelos húmedos disminuyen los efectos de la toxicidad de sustancias como el Fe^{+2} mediante la oxidación de la zona radical, para llevar estos compuestos a óxidos de fierro (Fe_2O_3). Bajo potencial de óxido /reducción (redox), bajo valor de pH en el suelo, baja fertilidad y la acumulación de ácidos orgánicos dañinos o sulfuros de hidrogeno son efectos de la toxicidad producida por fierro en suelos anegados (Frageria et al. 2008). Los efectos de elevadas concentraciones de fierro se manifiestan en *Hydrilla verticillata*, una planta sumergida, con reducción en la fotosíntesis y rendimiento (Sinha et al. 1997).

Efectos del hierro en cultivos presentes en el Huasco

Uno de los considerandos del D Ex N° 04/1992, del Ministerio de Agricultura, indica que estudios realizados entre enero y mayo de 1991 por el Instituto de Investigación agropecuario (INIA), en el proyecto "Tipificación de elementos particulados en el valle del Río Huasco" revelan que el material particulado depositado y adherido en el follaje de los olivos y otros vegetales en el área del Valle de Huasco y Freirina, contienen altas concentraciones de óxidos de hierro originados en chimeneas industriales, sin embargo no se cuantifica la concentración. Cabe resaltar, que según se indicó en la sección anterior, análisis de materia seca en plantas, muestran valores que fluctúan entre 20 a 3.000 mg/kg sin provocar efectos negativos en las mismas (Acevedo et al. 2004¹¹⁰).

Según se indicó anteriormente, los óxidos de fierro son inocuos al material vegetal. En la actualidad existen reportes de adición de este compuesto como un facilitador de procesos metabólicos asociados a la fotosíntesis y respiración vegetal (Martínez, 2012). Incluso se destaca el trabajo de Razeto y Valdés (2006¹¹¹), quienes encontraron que la mayor concentración de hierro en materia seca en árboles de nectarino posee una relación lineal directa con la mayor cantidad de clorofila en las hojas, situación que potenciaría la productividad de las plantas. Cabe destacar que las publicaciones relacionadas con la importancia de esta síntesis metabólica datan de mediados de los años 90, por científicos extranjeros y con experiencias realizadas fuera de Chile (Miller et al., 1984; Marschner, 1995).

¹¹⁰ Acevedo-Sandoval, O, Ortiz-Hernández, E, Cruz-Sánchez, M, Cruz-Chávez, E. El papel de óxidos de hierro en suelos. Terra Latinoamericana [Internet]. 2004;22(4):485-497. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311096013>

¹¹¹ Razeto, Bruno, & Valdés, Graciela. (2006). Análisis de Hierro Soluble en Tejidos para Diagnosticar el Déficit de Hierro en Nectarino. Agricultura Técnica, 66(2), 216-220. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072006000200012>

Un estudio desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Chile (2013) titulado “Estudio para Evaluar el Impacto de la Contaminación Atmosférica, II Temporada, y Prospección de las condiciones edáficas sobre el rubro olivícola, sector Costero Valle del Huasco”¹¹² para el Gobierno Regional de Atacama, reportó que los valores mensuales y anuales de Hierro en MPS tendieron a disminuir entre los años 2000 a 2012. Cabe destacar que los valores, anuales no se excedieron desde el año 2008. Los valores reportados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5-82. Evaluación de Cumplimiento Fe-MPS. D Ex N°4/1992.

Año	Excede Anual	Fe-MPS	Meses Excede Fe-MPS
2000	0		3
2001	1		2
2002	0		2
2003	1		4
2004	1		3
2005	1		2
2006	1		3
2007	1		2
2008	0		1
2009	0		0
2010	0		0
2011	0		0
2012	0		0

Fuente: Elaboración Propia a partir de PUC, 2013.

El mismo estudio indica que el MPS con contenido de hierro varía entre los 150 y 1150 mg/kg en raíces, situando este último valor, en el rango alto de la variabilidad natural, pero que no representa efectos en las plantas según se indicó anteriormente en el trabajo de Acevedo et al. (2004).

Según el mismo informe de DICTUC, las formas de fierro disponibles en el suelo son poco disponibles para las plantas, ya que, a pesar de que existan concentraciones elevadas a nivel de suelo, las condiciones alcalinas (pH elevado) de los mismos, impiden que este compuesto sea absorbido por las plantas y cultivos.

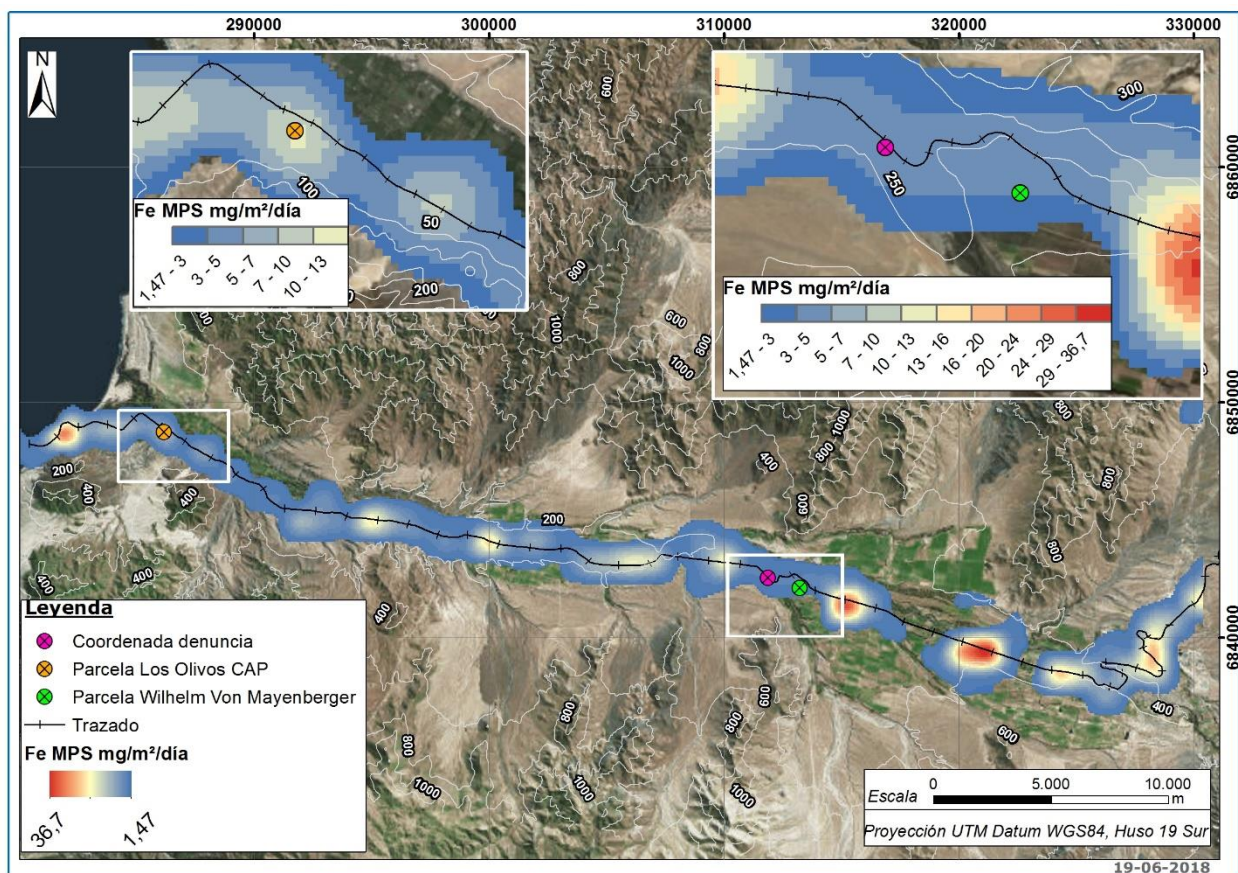
ii. Parcela Experimental Los Olivos de Bellavista y Parcela Los Olivos Sr. Wilhelm von Mayenberger

Se construyó un modelo de dispersión en el Valle del Huasco considerando el material fugitivo producto de la erosión eólica provocado por el transporte de material del tren. Los resultados de la modelación

¹¹² Ver Anexo 11: Estudio para Evaluar el Impacto de la Contaminación Atmosférica, II Temporada, y Prospección de las condiciones edáficas sobre el rubro olivícola, sector Costero Valle del Huasco

fueron usados para graficar el aporte de Fe-MPS (para lo cual se consideró el contenido de Fe en el preconcentrado) en las cercanías de la línea férrea. Esta representación (Ver Figura 5-78), refleja los datos diarios máximos registrados en el modelo, considerando la situación más desfavorable para los cultivos para los 12 meses considerados en el modelo.

Figura 5-78. Modelación espacial de Fe- MPS en el Valle del Huasco, aporte del material fugitivo de transporte.



Fuente: GAC

Como se observa en la Figura 5-78, las condiciones bajo el escenario más desfavorable, indican que sobre el predio del Sr. Wilhelm von Mayenberger, el Fe-MPS registrado se encuentra en un rango entre 5 a 7 mg/m²/d, en tanto que la Parcela Experimental Los Olivos, registró valores de Fe-MPS en el rango de 10 a 13 mg/m²/d. Considerando lo anterior, los valores más altos de MPS se registran hacia sectores más próximos a centros poblados y la Bahía Chapaco.

Por otra parte, el año 2014 la SMA realizó una verificación en terreno de las condiciones en que se encontraban los olivos de la parcela del Sr. Wilhelm von Mayenberger Rojas, lo que consignó en el informe de fiscalización ambiental DFZ-2014-146-III-RCA-IA. Mediante fotografía N° 32 de dicho informe, en pie de página en estas fotos se indica "Se observa un ejemplar de la primera hilera sin polvillo de hierro en el follaje".

Figura 5-79. Fotografía Olivos en predio de Wilhelm von Mayenberger, sin Fe-MPS en el follaje



Fuente: Fotografía 32. Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2014-146-III-RCA-IA.

Otro punto relevante de analizar corresponde a la producción olivícola del valle del Huasco. Para ello, se cuenta con datos de producción de la Parcela Los Olivos los que se comparan con el estudio de Tapia et al. (2015). Este análisis, se realiza con el objeto de interpretar los antecedentes indicados en el Considerando 22 relativo a la producción olivícola “...producción de olivos, se ha visto seriamente perjudicada por la cantidad de hierro que se deposita en el follaje de dichas especies...”.

Considerando lo anterior, en primer lugar, se indica la producción total de la parcela Los Olivos de Bellavista, propiedad de CMP. Esta información se extrae del informe “EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL LOS OLIVOS DE BELLAVISTA, COMPAÑÍA MINERA DEL PACÍFICO HUASCO” preparado por RAIZ Consultores en el año 2017¹¹³. Este informe sintetiza y evidencia el manejo agronómico realizado en el predio y la producción de olivas y aceite obtenidos históricamente entre los años 2001 a 2017, según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 5-83. Producción de Olivas en Parcela Los Olivos de Bellavista, CMP

Año	Producción de Olivas Kg/ha
2001	10044
2002	7563
2003	9160
2004	3703
2005	13796
2006	3974
2007	14234
2008	6038
2009	9761
2010	4423
2011	8005

¹¹³ Ver en Anexo 10: Evaluación Agronómica de la Parcela Experimental los Olivos de Bellavista, Compañía Minera del Pacífico Huasco

Año	Producción de Olivas Kg/ha
2012	9661
2013	7751
2014	8285
2015	9913
2016	9112
2017	6473
Promedio de Rendimiento	8347

Fuente: Adaptado de CAP – Raíz Consultores 2017.

Los valores registrados anteriormente, en la parcela Los Olivos de Bellavista, se comparan a continuación con los registros de Tapia et al. (2015) quien desarrolló en el Boletín Técnico del INIA Intihuasi, un análisis de la producción de aceitunas a nivel nacional.

Según Tapia (2015), las regiones de Arica-Parinacota y Atacama son actualmente las que producen mayor cantidad de aceituna de mesa en Chile. Los valles más relevantes son Azapa, Copiapó y Huasco, que en total poseen 2.400 ha de olivos variedad Sevillana (Azapa), los que producen 19,6 millones de kilos de aceitunas. En la Tabla 5-84 se muestran las principales regiones productoras de aceituna de mesa, su superficie y producción en kg/ha.

Tabla 5-84. Superficie cultivada con olivo para mesa y producción estimada por zona

Zona Productiva	Superficie (ha)	Producción (kg)	
		Media por hectárea	Total por zona
Azapa	900	8.000	7.200.000
Copiapó	800	12.000	9.600.000
Huasco	700	4.000	2.800.000
Coquimbo	150	1.500	225.000
Los Olivos de Bellavista*	3,7	8.347	-
Región Metropolitana	150	7.000	1.050.000
O'Higgins	200	4.000	800.000
Maule	20	3.000	60.000

Fuente: Adaptación de Tapia et al., 2015.

Al comparar el estudio desarrollado por Tapia et al (2015) y los resultados de la parcela Los Olivos de Bellavista de CMP, según los datos presentados en la Tabla anterior, se obtiene que la producción olivícola registrada en la parcela Los Olivos de Bellavista (8347 kg/ha) es superior al valor medio por hectárea reportado para el Valle del Huasco (4000 kg/ha), siendo este casi un 48% superior a lo estimado, comparándose con el valle de Copiapó que posee una producción media de 8000 kg/ha.

La aseveración anterior, es complementada con la información entregada por la PUC (2013) en donde declara que los factores de manejo agronómico son los que intervienen de manera más importante en la

productividad de los árboles, y que la heterogeneidad de la producción en el valle del Huasco está relacionada con las condiciones edáficas donde se producen los cultivos de olivos.

Considerando las estadísticas de producción olivícola, los registros y evidencias indicadas por la SMA en el informe de fiscalización Ambiental DFZ-2014-146-III-RCA-IA y los resultados de la modelación espacial del aporte de material fugitivo del tren, se puede inferir un nulo efecto sobre la producción, fotosíntesis y depositación de Hierro en suelos.

Esto último bajo el supuesto de los resultados de la modelación que indican que en el sector indicado por el Sr. Von Mayenberger no existe superación de la norma, hecho que adicionalmente es constatado por la Fotografía N° 32 del informe de fiscalización ambiental DFZ-2014-146-III-RCA-IA y las conclusiones del mismo informe.

Por otra parte, en la inspección técnica realizada por la SMA a los predios en cuestión se indica que: *“La metodología empleada por el denunciante para presentar las concentraciones de hierro en el total de sólidos analizados, no permite evaluar el cumplimiento normativo del hierro contenido en MPS según se señala en los artículos 4° y 6° del Decreto Ex. 4/1992, en el cual se definen los valores máximos permisibles de calidad secundaria y se establece que las especificaciones detalladas de cómo se analizaran y validaran las muestras será determinado por el SAG según resolución. Sin embargo y debido a que todas las muestras fueron tomadas durante el día 19 de abril del 2013, cuando la estación de transferencia se encontraba aún operativa, se pudo corroborar que durante ese mes la estación de monitoreo Maitencillo Norte (ver Figura 4), correspondiente a la estación de monitoreo más cercana a los sectores La Puntilla y Juan Zabala, no se superaron los niveles de concentración media aritmética mensual para MPS.”* (énfasis agregado).

De acuerdo con lo anterior, y a los antecedentes informados por CMP resumidos en los antecedentes analizados en esta sección, a pesar de que hubo eventos en que se sobrepasó la norma de Fe-MPS, estos eventos no provocaron efectos en las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°2 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto, “La superación de la norma secundaria de calidad ambiental sin que ello implique ningún efecto concreto sobre la producción, fotosíntesis y depositación de hierro en suelos”.

En relación al **considerando 36 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica *“Respecto al Hecho Infraccional N°2, consistente específicamente en haberse verificado “una superación de los niveles máximos de concentración mensual de Hierro en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla”; de conformidad a lo indicado en las observaciones de la SMA, las acciones propuestas fueron adscritas únicamente a los hechos infraccionales N°4,5,6 y 8; sin embargo, no se conservó la Acción N°2,15, relativa a la presentación ante la autoridad competente de un Programa de Compensación de Emisiones, según lo solicitado. Se solicita reincorporar la precitada acción, o justificar las razones para descartarla en este Hecho Infraccional o reincorporarla”.*

Se aclara, que la compensación en emisiones asociadas las superaciones en los umbrales de depositación del hierro en MPS ya está incluida en el Programa de Compensación de Emisiones (PCE), en los hechos asociados al tren de transporte de concentrado (hechos N°6, N°7, N°8 y N°20), toda vez que el hecho N°2 hace referencia a los receptores afectados en términos de niveles de depositación de hierro en el MPS medidos, cuyos niveles medidos (efecto) tienen como causa las fuentes emisoras, que en este caso es principalmente el tren de transporte de concentrados. En otras palabras, al compensar la fuente emisora, que en este caso es el tren de transporte de concentrados, medidas que se mencionan en los hechos N°6, N°7, N°8 y N°20, se está compensando al mismo tiempo el receptor, el que, en este caso, corresponde a los puntos de la red monitora de MPS del Valle del Huasco.

5.3.2 HECHO 6:

5.3.2.1 Descripción del Hecho

No se han adoptado todas las medidas destinadas a evitar la dispersión de preconcentrado a lo largo de la vía férrea. Ello se manifiesta en los siguientes hechos:

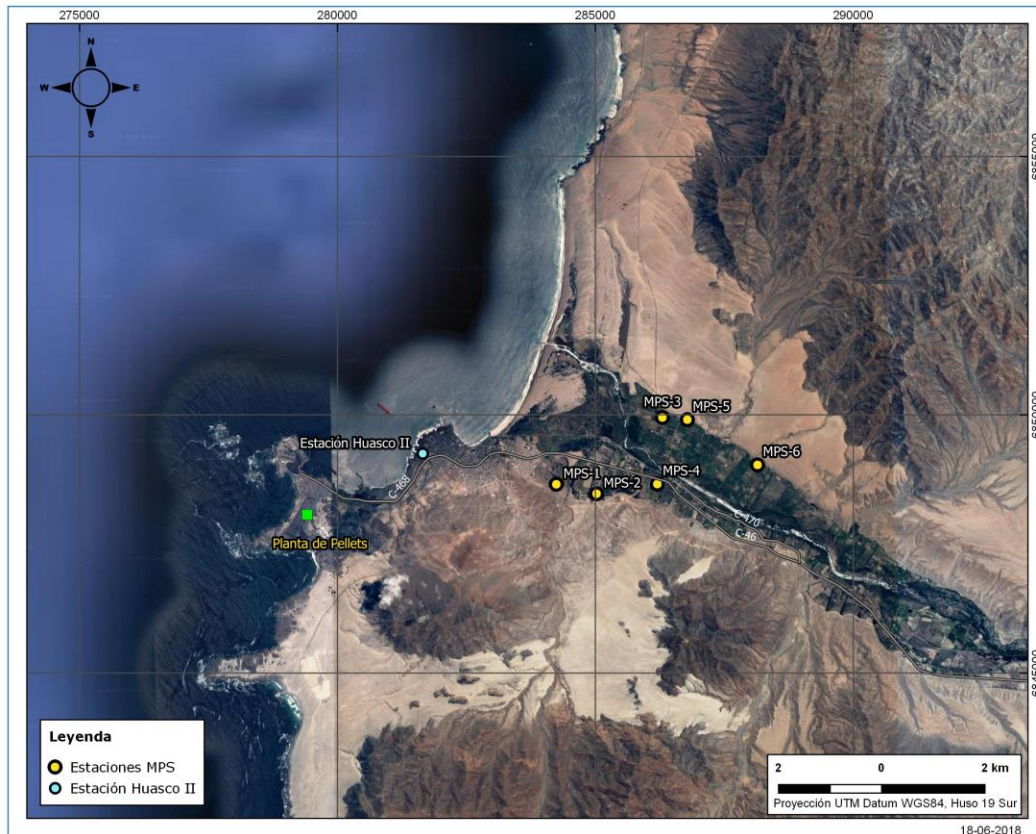
- a) El enrasador instalado en el punto de carga de preconcentrado, en Mina Los Colorados, presenta deficiencias que impiden asegurar que el acopio de preconcentrado sobrepase la tolva de cada carro del tren (Inspección Ambiental, 2013, 2014, 2015 y 2017).*
- b) El sistema de aspersores empleado para la humectación de la carga de preconcentrado a la salida de los trenes desde Mina Los Colorados, mantiene operativas solo 6 de sus 20 unidades y no cubre toda el área expuesta (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).*
- c) Las actividades de limpieza de carros en Planta Pellet, no es 100% eficiente, dado que una vez lavados, permanece preconcentrado en los bordes exteriores y en la zona baja de algunas tolvas (Inspección Ambiental, 2015 y 2017).*
- d) Algunas de las cúpulas inspeccionadas no cumplen con las dimensiones autorizadas (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).*
- e) Frente a la falta de efectividad de las medidas, no se han implementado medidas de mitigación adicionales para contener el MP y evitar su dispersión en la vía férrea.*

Las medidas señaladas tienen por objetivo la eliminación de material (stock) susceptible de ser vertido sobre las vías férreas, por lo cual el desarrollo de esta actividad de forma insuficiente e infrecuente puede provocar la depositación de concentrado a lo largo de la vía férrea, por erosión eólica producto del paso del tren o por efecto del viento.

5.3.2.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

En términos generales los derrames de preconcentrado y su eventual resuspensión se expresa ambientalmente en la superación (por MPS y por concentración de hierro en él) de las normas secundarias expresadas en el DEx 4/92 del Minagri. Las estaciones donde se evalúa el cumplimiento del DEx 4/92, son las que se muestran en la Figura 5-80 a continuación.

Figura 5-80. Ubicación de estaciones de MPS



Las normas contenidas en el DEx 4/92 son:

Artículo 4°: Establécese, como norma secundaria de calidad ambiental, los siguientes valores máximos permisibles:

- Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual.
- Hierro en el material particulado sedimentable: 60 (mg/ (m²/día)) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 (mg/(m²/día)) como concentración media aritmética mensual.
- Material particulado sedimentable: 100 (mg/(m²/día)) como concentración media aritmética anual.
- Hierro en el material particulado sedimentable: 30 (mg/ (m²/día)) como concentración media aritmética anual.

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°6, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y RCA 215/2015 que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

RCA246/2010

- **Considerando 4.2.1.1.2 Planta de Beneficio, e) Recuperación y carguío de producto:** (...) En los puntos de carga se ha implementado un sistema de aspersores de agua para mitigar el polvo fugitivo.
- **Considerando 4.3.2 Sector Vía Férrea:** el Proyecto considera para este sector una serie de medidas, que tienen por objetivo incrementar la seguridad del transporte y reducir su incidencia en el entorno inmediato de las vías. Éstas se listan a continuación:
 - Implementación de cúpulas en las tolvas de todos los carros.
- **Considerando 4.5.3 Sector Vía Férrea:** (...) se aplicará un sistema de limpieza periódica (a los carros de los trenes).
- **Considerando 7.1.2 f) Material Particulado:**
 - Se implementarán cúpulas en las tolvas de todos los carros asociados al transporte de preconcentrado, donde la altura del material a transportar con respecto al carro, en ningún caso sobrepasará la cúpula del carro. (Estas cúpulas serán de fibra de vidrio (FRP) de 5 mm de espesor y de estructura auto soportante, con una altura máxima al centro de 0,79 m donde tendrá una abertura de 10 m² para carguío. La eficiencia de esta medida es cercana al 100% (...).
 - Se implementará un sistema de lavado de los carros después de la descarga, en Planta Pellets (destino final del preconcentrado), volviendo entonces limpios desde este lugar hasta la faena Los Colorados.
 - Se implementará en alimentadores vibratorios, correas transportadoras, tolvas de carguío, tanto en la línea actual como en la futura: confinamiento de alimentadores y harneros, colectores de polvo en túneles, humectación de los traspasos de material, cubierta de la pila del producto.
 - Se aplicará nebulización y/o aspersión en los traspasos de correas.
 - Los traspasos de material, salvo apilamientos, son cerrados, y la humectación es complementada en algunos casos con sistemas de colección y filtro de polvo para el control de emisiones. (...).
 - En el evento que se depositara en la vía mineral de hierro, las cantidades serán mínimas y serán recuperadas durante las campañas de limpieza y mantención periódica de ésta, las cuales se programan en base a la observación permanente del estado de la vía y ante la detección de laguna condición anormal.
 - Se instalará un enrasador en el punto de carga de los vagones, a fin de evitar que el nivel del mineral sobrepase la altura de la cúpula. Cabe precisar que esta medida no implica llenar en exceso los vagones toda vez que las cúpulas, al ser de fibra de vidrio, no resisten la presión que ocasionaría el contacto con el mineral en la totalidad de su superficie interna.

- Se asegurará el control de las variables que puedan llegar a generar la emisión de material particulado.
- **Considerando 10.8:** El titular deberá tomar medidas de mitigación adicionales de evidenciarse que las medidas contempladas no son efectivas para contener el material particulado, en cuanto al encapsulamiento completo de los carros de tren y al enrasador a instalar en la mina.

RCA 215/2010

- **Considerando 7.2.1 Vía Férrea: Medidas de ingeniería:**
 - Todos los carros que salgan de la estación Maitencillo hacia Planta Pellets contarán con cúpulas que cubrirán la totalidad de la superficie del carro. Estas cúpulas serán de fibra de vidrio (FRP) de 5 mm de espesor y de estructura auto soportante, con una altura máxima de 0,79 m donde tendrá una apertura para carguío. De esta manera se minimizará la emisión de polvo desde los carros con motivo de transporte de preconcentrado.
- **Considerando 10.6:** Respecto al encapsulamiento completo de los carros de tren solicitado por esta Autoridad, el titular señala que instalará enrasador en mina Los Colorados y registro en faena de la carga promedio por vagón. Se acepta lo propuesto, sin perjuicio de que, de evidenciarse que las medidas contempladas no son efectivas, se deberán tomar medidas de mitigación adicionales.

5.3.2.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas se relaciona con la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables a través de la regulación de la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo. A saber:

- a) Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día ($\text{mg}/(\text{m}^2/\text{día})$) como concentración media aritmética mensual.
- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 ($\text{mg}/(\text{m}^2/\text{día})$) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2/\text{día})$) como concentración media aritmética mensual.
- c) Material particulado sedimentable: 100 ($\text{mg}/(\text{m}^2/\text{día})$) como concentración media aritmética anual.
- d) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2/\text{día})$) como concentración media aritmética anual

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°6, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y RCA 2015/2015 que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

RCA246/2010

- **Considerando 4.2.1.1.2 Planta de Beneficio, e) Recuperación y carguío de producto:** (...) En los puntos de carga se ha implementado un sistema de aspersores de agua para mitigar el polvo fugitivo.

- **Considerando 4.3.2 Sector Vía Férrea:** el Proyecto considera para este sector una serie de medidas, que tienen por objetivo incrementar la seguridad del transporte y reducir su incidencia en el entorno inmediato de las vías. Éstas se listan a continuación:
 - Implementación de cúpulas en las tolvas de todos los carros.
- **Considerando 4.5.3 Sector Vía Férrea:** (...) se aplicará un sistema de limpieza periódica (a los carros de los trenes).
- **Considerando 7.1.2 f) Material Particulado:**
 - Se implementarán cúpulas en las tolvas de todos los carros asociados al transporte de preconcentrado, donde la altura del material a transportar con respecto al carro, en ningún caso sobrepasará la cúpula del carro. (Estas cúpulas serán de fibra de vidrio (FRP) de 5 mm de espesor y de estructura auto soportante, con una altura máxima al centro de 0,79 m donde tendrá una abertura de 10 m² para carguío. La eficiencia de esta medida es cercana al 100% (...).
 - Se implementará un sistema de lavado de los carros después de la descarga, en Planta Pellets (destino final del preconcentrado), volviendo entonces limpios desde este lugar hasta la faena Los Colorados.
 - Se implementará en alimentadores vibratorios, correas transportadoras, tolvas de carguío, tanto en la línea actual como en la futura: confinamiento de alimentadores y harneros, colectores de polvo en túneles, humectación de los traspasos de material, cubierta de la pila del producto.
 - Se aplicará nebulización y/o aspersión en los traspasos de correas.
 - Los traspasos de material, salvo apilamientos, son cerrados, y la humectación es complementada en algunos casos con sistemas de colección y filtro de polvo para el control de emisiones. (...).
 - En el evento que se depositara en la vía mineral de hierro, las cantidades serán mínimas y serán recuperadas durante las campañas de limpieza y mantención periódica de ésta, las cuales se programan en base a la observación permanente del estado de la vía y ante la detección de laguna condición anormal.
 - Se instalará un enrasador en el punto de carga de los vagones, a fin de evitar que el nivel del mineral sobrepase la altura de la cúpula. Cabe precisar que esta medida no implica llenar en exceso los vagones toda vez que las cúpulas, al ser de fibra de vidrio, no resisten la presión que ocasionaría el contacto con el mineral en la totalidad de su superficie interna.
 - Se asegurará el control de las variables que puedan llegar a generar la emisión de material particulado.
- **Considerando 10.8:** El titular deberá tomar medidas de mitigación adicionales de evidenciarse que las medidas contempladas no son efectivas para contener el material particulado, en cuanto al encapsulamiento completo de los carros de tren y al enrasador a instalar en la mina.

RCA 215/2010

- **Considerando 7.2.1 Vía Férrea: Medidas de ingeniería:**

- Todos los carros que salgan de la estación Maitencillo hacia Planta Pellets contarán con cúpulas que cubrirán la totalidad de la superficie del carro. Estas cúpulas serán de fibra de vidrio (FRP) de 5 mm de espesor y de estructura auto soportante, con una altura máxima de 0,79 m donde tendrá una apertura para carguío. De esta manera se minimizará la emisión de polvo desde los carros con motivo de transporte de preconcentrado.
- **Considerando 10.6:** Respecto al encapsulamiento completo de los carros de tren solicitado por esta Autoridad, el titular señala que instalará enrasador en mina Los Colorados y registro en faena de la carga promedio por vagón. Se acepta lo propuesto, sin perjuicio de que, de evidenciarse que las medidas contempladas no son efectivas, se deberán tomar medidas de mitigación adicionales.

5.3.2.4 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas se relaciona con la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables a través de la regulación de la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo. A saber:

- a) Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día ($\text{mg}/(\text{m}^2\text{día})$) como concentración media aritmética mensual.
- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 ($\text{mg}/(\text{m}^2\text{ día})$) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2\text{ día})$) como concentración media aritmética mensual.
- c) Material particulado sedimentable: 100 ($\text{mg}/(\text{m}^2\text{ día})$) como concentración media aritmética anual.
- d) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2\text{ día})$) como concentración media aritmética anual

5.3.2.5 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cuantificación de Aportes

A continuación, se presenta la cuantificación de aportes en términos de emisiones. Las emisiones estimadas, corresponden a las emisiones adicionales que pudieren producir algún efecto en términos de calidad del aire.

Metodología

Como se constató, el transporte de concentrado a través del tren no presentó medidas de mitigación presentadas en RCA 215/2010 y RCA 246/2010 que permitan disminuir la emisión derivada de la erosión

del viento sobre los carros. Por lo cual es necesario la determinación de las emisiones generadas, para esto se definió un escenario de operación conservador, que permita la estimación en las peores condiciones.

El escenario definido, reúne las siguientes consideraciones:

- *Deficiencia de Enrasador:* genera una superficie sobre cada una de las tolvas, superficie que será expuesta a erosión eólica, por lo que se considerará que esta medida no se encuentra operativa.
- *Deficiencia de Sistema de Aspersores:* debido a que no se aumenta la humedad del material de manera adecuada, se considera que este no posee humedad, es decir se encuentra seco.
- *Deficiencia en Limpieza de Carros:* si bien esta medida busca la eliminación del concentrado residual, debido a que no se cuenta con una metodología que permita la estimación de cuanto material se encuentra sobre la superficie, esta no será considerada para el cálculo.
- *Mal Diseño de Cúpulas en Carros:* Debido al mal diseño de la abertura de la cúpula, se aumentó la superficie erosionable de cada una de las tolvas, lo cual asociado a la deficiencia del Enrasador se estima que la superficie erosionable corresponde 1/5 del área de la tolva expuesta al viento.
- *Frente a la falta de efectividad de las medidas, no se han implementado medidas de mitigación adicionales para contener el MP y evitar su dispersión en la vía férrea:* no se considerará ninguna medida de mitigación dentro de los escenarios.

Debido a que las medidas son efectivas cuando el tren está cargado por lo que se considerara solo el viaje cargado desde la mina los Colorados en dirección a planta de Pellet. A su vez se considera que el tren transporta 35 carros, toda vez que la superación del número de carros es considerada en el hecho infraccional N°7.

De acuerdo con los diseños de las cupulas se puede determinar que los carros presentan un área expuesta a erosión es de 10 m^2 . Considerando que la medida del enrasador es deficiente, se generan dos montículos, los cuales no ocupan íntegramente el área total expuesta. Es por esto por lo que se considera que aproximadamente $1/5$ del área queda expuesta a acción del viento lo que significa 2 m^2 , como se aprecia en la Figura 5-81.

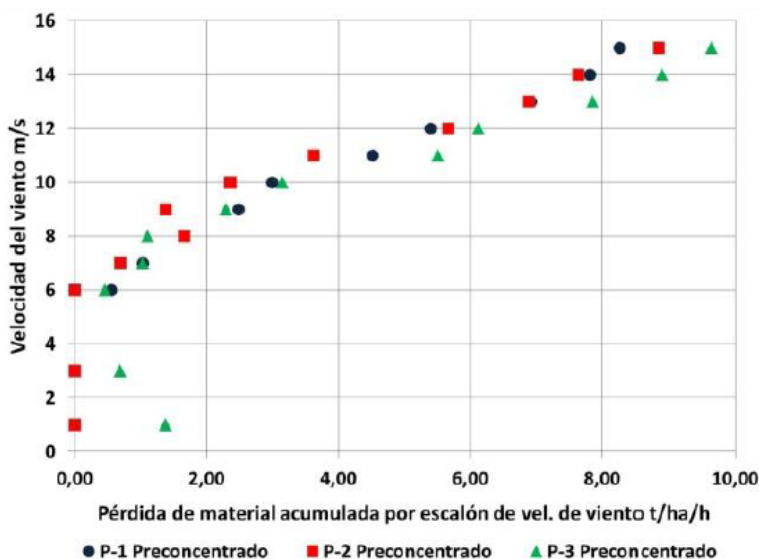
Figura 5-81. Carros cargados de concentrado



Para el cálculo de las emisiones de material particulado proveniente de las infracciones se utilizará los resultados del estudio “Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades”, año 2018, PUCV. En dicho estudio se realizaron pruebas en túnel de viento para determinar la velocidad umbral a la cual comienza una movilización significativa de material particulado por efecto eólico los materiales evaluados fueron Preconcentrado; Sinter feed; Pellets Feed y Pellets Producto. Dicho estudio concluye que *“la velocidad umbral a la cual comienza una movilización significativa de material particulado por efecto eólico en probetas preparadas a densidad aparente suelta en estado seco, es de aproximadamente 6 m/s ”*.

El estudio estableció la relación entre velocidades del viento y perdida por erosión por cada unidad de superficie y tiempo de exposición.

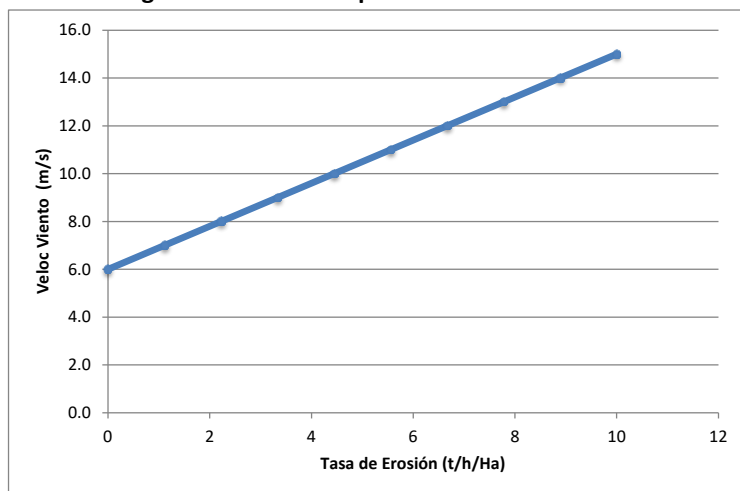
Figura 5-82: Perdida de Preconcentrado acumulado



Fuente: Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades¹¹⁴

De acuerdo con los resultados obtenidos se deriva de la siguiente recta Figura 5-83 la cual relaciona linealmente la velocidad del viento y perdida por erosión eólica de preconcentrado.

Figura 5-83: Perfil de perdida de Concentrado.



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-85 presenta la granulometría del concentrado transportado donde se puede establecer que el material transportado menor 10 μ (MP10) representa el 9.8% del total, en tanto para el MP30, el cuál es considerado como materia particulado sedimentable (el cual puede ser transportado y sedimentado por efecto del viento) con un diámetros de menor o igual a 45 μ , es el 19,8%, finalmente para el material

¹¹⁴ Ver Anexo 5

particulado menor a 2,5 µ el cual no puede ser obtenido de la granulometría, se establece conservadoramente en un 10% del material particulado MP10.

Tabla 5-85. Granulometría Preconcentrado Transportado

Tamaño	UM	Preconc. Básico
9.5 mm	%	1.0
6.3 mm	%	2.9
3.35 mm	%	11.0
1.00 mm	%	20.0
500 µ	%	14.1
150 µ	%	20.1
75 µ	%	6.1
53 µ	%	5.0
45 µ	%	0.8
27,5 µ	%	6.7
21 µ	%	1.8
15 µ	%	1.6
10 µ	%	1.4
7,5 µ	%	0.7
-7,5µ	%	6.8

Fuente: Granulometría CAP

Para el cálculo de las emisiones, se sigue la siguiente expresión

$$Fe = Te * H * S$$

Donde

Fe: Factor de Emisión por unidad de superficie en (t/h/Ha)

Te: Tasa de Emisión proveniente del túnel del viento en (t/h/Ha)

S: superficie (Ha)

H: tiempo de traslado (h)

Finalmente, para determinar las emisiones anuales se calculan de la siguiente manera

$$Em = k * Fe * Nv * P$$

Donde

Em= Emisión (t/año)

K= Factor según tamaño de partícula (MP30= 0.198, MP10 = 0.089, MP2,5 0.0089)

Fe: Factor de Emisión por unidad de superficie en (t/h/Ha)

Nv: Numero de Viajes (12 x día)

P: Periodo de Tiempo (365 días)

Una vez determinada las emisiones producto de la infracción se precederá a la modelación de la dispersión de los contaminantes emitidos, el cual seguirá los lineamientos de la Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. Para este efecto se utilizó el modelo Calpuff con meteorología del año 2016 la cual fue estimada con el modelo WRF-ARW en su versión 3.8.1. La configuración de WRF y el análisis de incertidumbre del modelo meteorológico se presenta en el Anexo 4-Modelo Meteorológico y Análisis de incertidumbre CMP- Huasco. Una vez realizado el modelo de dispersión se procede a determinar el aporte ambiental de las emisiones adicionales calculadas.

Estimación de Emisiones

Para la determinación de las emisiones generadas debido a la deficiencia en la operación de las medidas de gestión, como se mencionó se utilizó el Informe de Túnel de viento¹¹⁵.

La velocidad responsable de la erosión será a la cual circula el tren, la que presenta tramos de restricción a lo largo del trazado, las velocidades máximas de acuerdo con los tramos de restricción se presentan en Tabla 5-86, en tanto en los tramos donde no se presenta restricción de velocidad, se considera una velocidad promedio de 30 (km/h).

Tabla 5-86.Velocidad Máxima por Tramo

Sector	Velocidad Máxima (km/h)
Vallenar	20
Freirina	25
Huasco Bajo	10
Huasco	20

Fuente: Elaboración propia

Para ajustar a un escenario desfavorable, a la velocidad del tren se le adiciona la velocidad del viento, considerando que este se opone al movimiento del tren aumentando la erosión. La velocidad del viento para el año 2016 es en promedio de 3,4 (m/s) de acuerdo con los registros de la estación agroclimática ubicada en la ciudad de Vallenar.

A continuación, en Tabla 5-87 se presenta los niveles de actividad para cada tramo de Vía, donde el Tren presenta diferentes velocidades. El tiempo de traslado depende de la velocidad del tren, el tiempo estimado desde origen a destino es de 05:00 hr.

¹¹⁵ El detalle de la metodología se adjunta en Anexo 5

Tabla 5-87. Actividades generadoras de emisiones de material particulado

Tramo	Tiempo Traslado (Hrs)	Numero de Carros	Área Carro (ha)	Velocidad (km/hr)	Tasa Emisión (t/ha/hr)	Tasa Unitaria (t/hr)	Factor Emisión (t/viaje)		
							MP30	MP10	MP2,5
Vallenar	0,08	35	2,00E-04	32,60	3,40	0,03	3.68E-04	1.66E-04	1.66E-05
Freirina	0,07	35	2,00E-04	37,60	4,94	0,05	4.95E-04	2.22E-04	2.22E-05
Huasco Bajo	0,11	35	2,00E-04	22,60	0,31	0,00	4.64E-05	2.09E-05	2.09E-06
Huasco	0,14	35	2,00E-04	32,60	3,40	0,03	6.65E-04	2.99E-04	2.99E-05
SR*	5,60	35	2,00E-04	42,60	6,48	0,06	5.03E-02	2.26E-02	2.26E-03

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las emisiones calculadas producto de la erosión eólica de las tolvas se presentan en Tabla 5-88.

Tabla 5-88. Emisión de material particulado por erosión eólica en tolvas

Tramo	Emisión (t/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
Vallenar	1,6	0,7	0,1
Freirina	2,2	1,0	0,1
Huasco Bajo	0,2	0,1	0,0
Huasco	2,9	1,3	0,1
SR (Sin Restricción)	220,3	99,0	9,9
Total	227,2	102,1	10,2

Fuente: Elaboración propia

Modelación de dispersión de emisiones

Utilizado el modelo de dispersión Calpuff, se procedió a determinar la dispersión del material particulado sedimentable, provocada por la erosión del preconcentrado desde los carros, debido a las deficiencias en las medidas de mitigación, utilizando para ello los registros de las estaciones monitoras de MPS.

Figura 5-84. Ubicación de estaciones de MPS

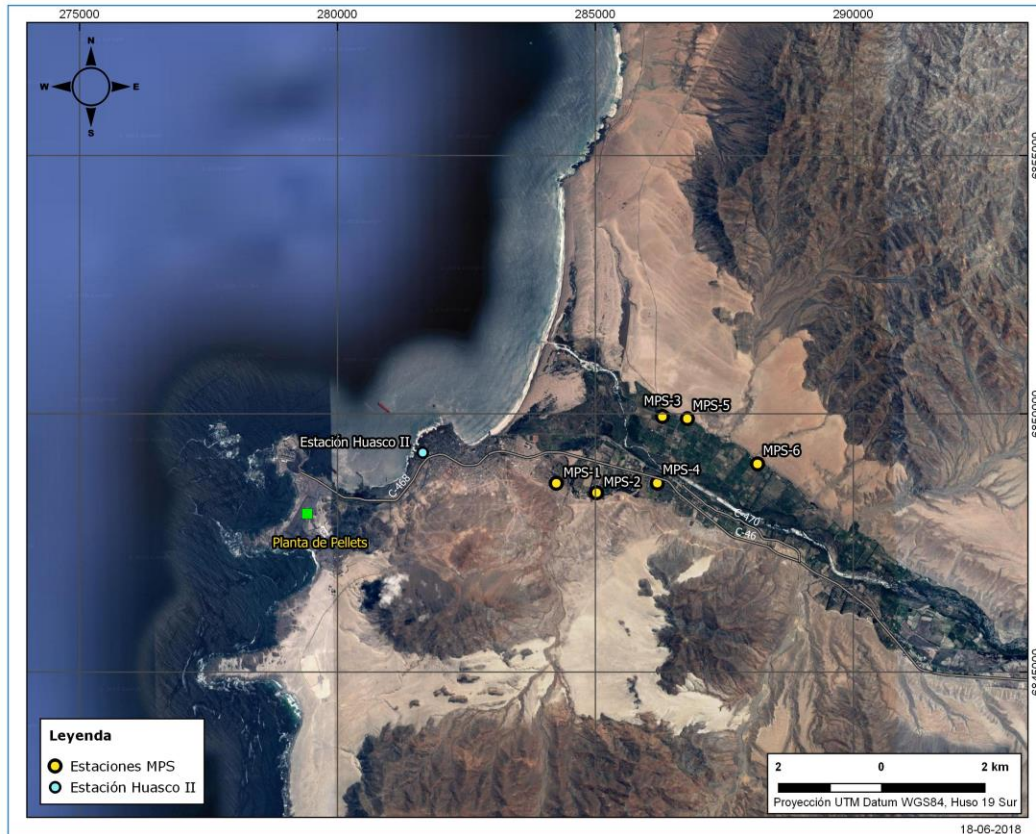


Tabla 5-89. Receptores discretos

Receptores Discretos	X	Y
Estación N 1	284.245	6.848.655
Estación N 2	285.019	6.848.475
Estación N 3	286.302	6.849.951
Estación N 4	286.202	6.848.668
Estación N 5	286.794	6.849.868
Estación N 6	288.108	6.849.004

De acuerdo con la modelación realizada, el aporte a cada estación monitorea se presentan en Tabla 5-90 a continuación. La metodología de modelación y análisis de incertidumbre del modelo se presenta en Anexo 4.

Tabla 5-90. Aportes MPS, Hecho N° 6

Receptor	MPS Promedio Mensual (mg/m ² /día)	MPS Promedio Anual (mg/m ² /día)
Estación N 1	4,92	6,66
Estación N 2	1,42	1,70
Estación N 3	0,51	0,65
Estación N 4	1,34	1,59
Estación N 5	0,23	0,28
Estación N 6	0,18	0,28

Fuente: Elaboración propia

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-91. Aportes MPS, Hecho N° 6

Receptor	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 Promedio Diario P98 (µg/m ³)	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 promedio Diario P98 (µg/m ³)
Población Huasco II	0,72	1,69	1,4%	3,4%

Fuente: Elaboración propia

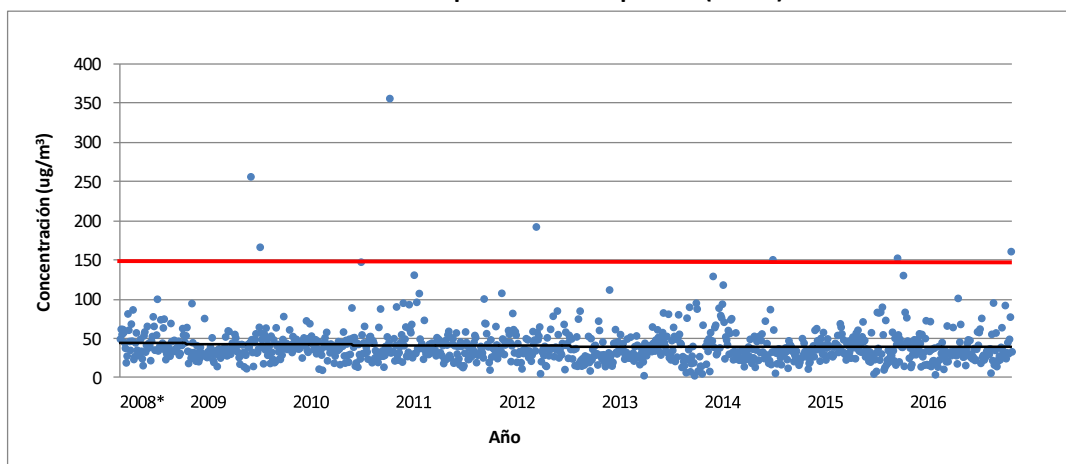
Análisis de los efectos observados

El efecto provocado debido a la no implementación o ejecución parcial de las medidas orientadas a disminuir los potenciales derrames está relacionado con la emisión de material particulado, MP10 y MP2,5 y material sedimentable MPS, el cual fue estimado en 189,04 (t/año), provocando un aumento de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 además de la tasa de sedimentación del MPS en los sectores aledaños a la línea férrea.

Fracción Respirable

Con relación al material particulado MP10 y MP2,5 durante el 2013 al 2017, periodo durante el cual se desarrollaron las infracciones, se ha observado un descenso de las concentraciones ambientales como se puede advertir en las siguientes graficas.

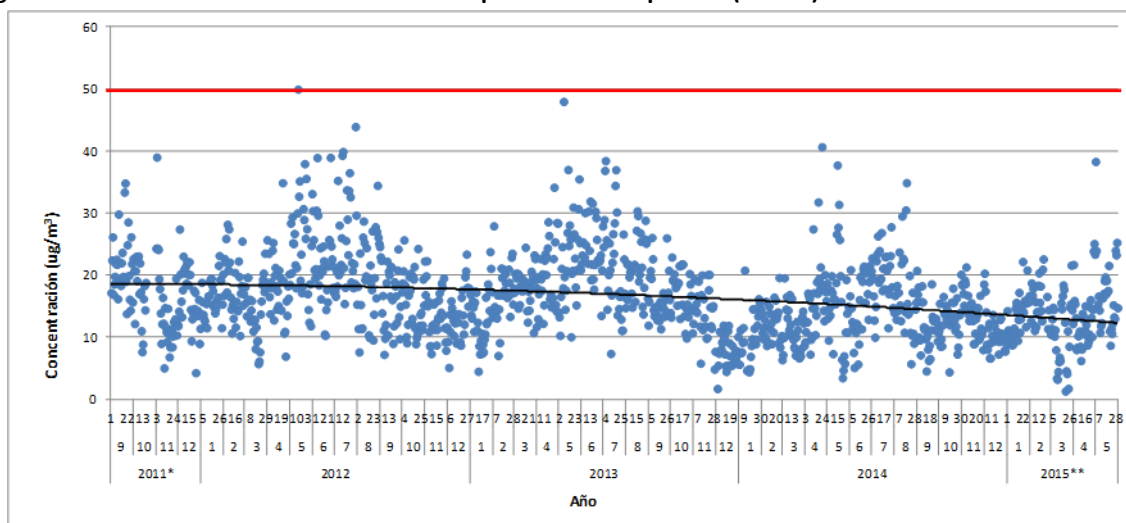
Figura 5-85. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

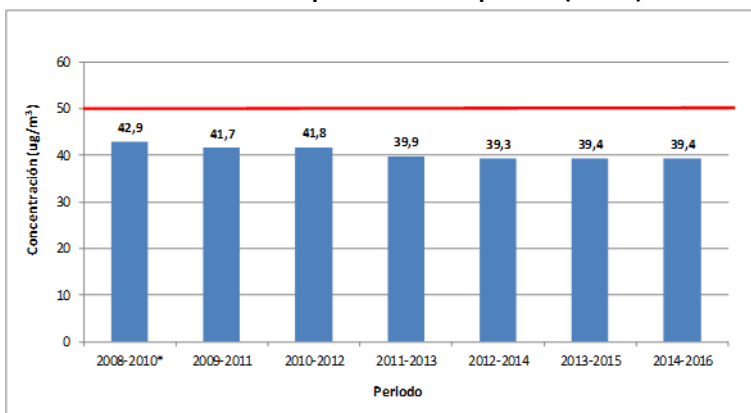
Figura 5-86. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El Promedio trianual para MP10 es de $39,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa un 78,8% del valor normado, en tanto para el MP2,5 el promedio es de $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 76% de la norma.

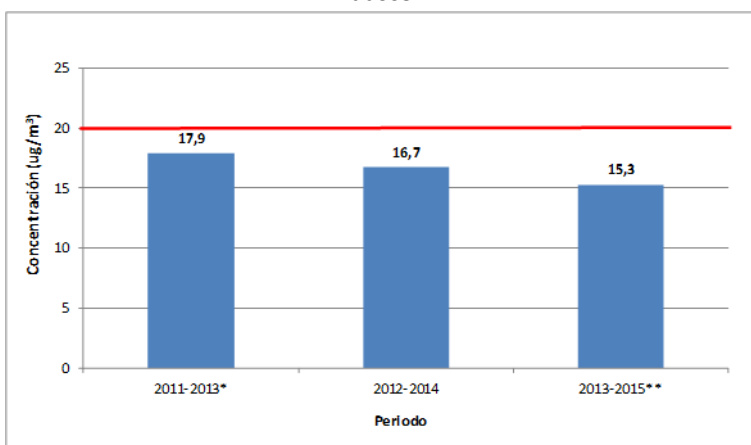
Figura 5-87. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-88. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II



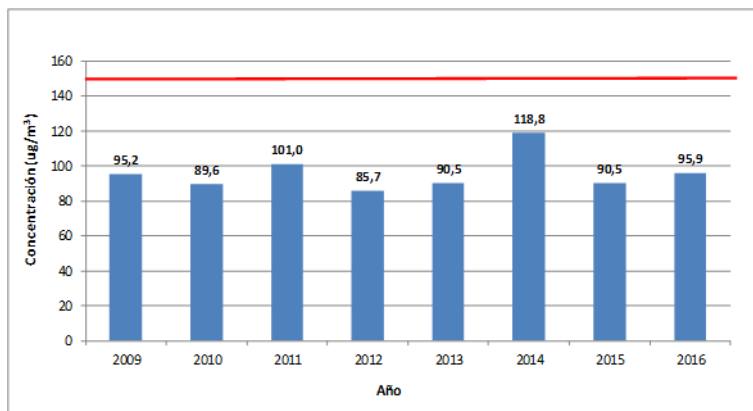
*Monitoreo disponible a partir de septiembre 2011

*Monitoreo disponible hasta mayo 2015

Fuente: Elaboración propia

El promedio diario de MP10 para los años 2009 a 2016 se presenta Figura 5-89, donde para el periodo de infracción el promedio de las concentraciones diarias en percentil 98 es de 101, 7 µg/m³, lo cual representa un 67% de la norma, variando de 118,8 µg/m³ el 2014 a 95,9 µg/m³ el 2016. A continuación, se presenta el promedio diario de MP10 y MP2,5 respectivamente.

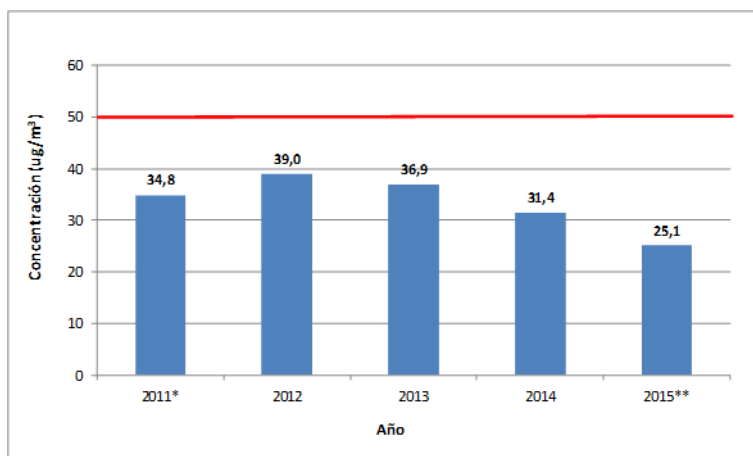
Figura 5-89. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

A diferencia del MP10, el MP2,5 ha presentado un descenso del percentil 98 de las concentraciones promedio diario. Para el año 2014, último año completo disponible, el valor del percentil 98 es de 31,4 µg/m³ lo que representa el 63% del valor normado.

Figura 5-90. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

Considerando la evolución y los registros de MP10 y MP2,5 en estación Población Huasco II, se observa que el efecto es un aumento de las concentraciones de MP10, donde para año 2014 se presentó un aumento de 12%, en tanto para los años 2015 y 2016 el aumento está en torno a un 6% de los valores registrados para el año 2013. Distinto escenario se observa en el MP2,5 el cual no presenta un aumento significativo, esto debido a que el preconcentrado trasladado presenta bajo contenido de partículas menores a 2,5 µ.

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5-92. Aportes M10, Hecho N° 6

Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,72	1,69	0,5%	0,4%

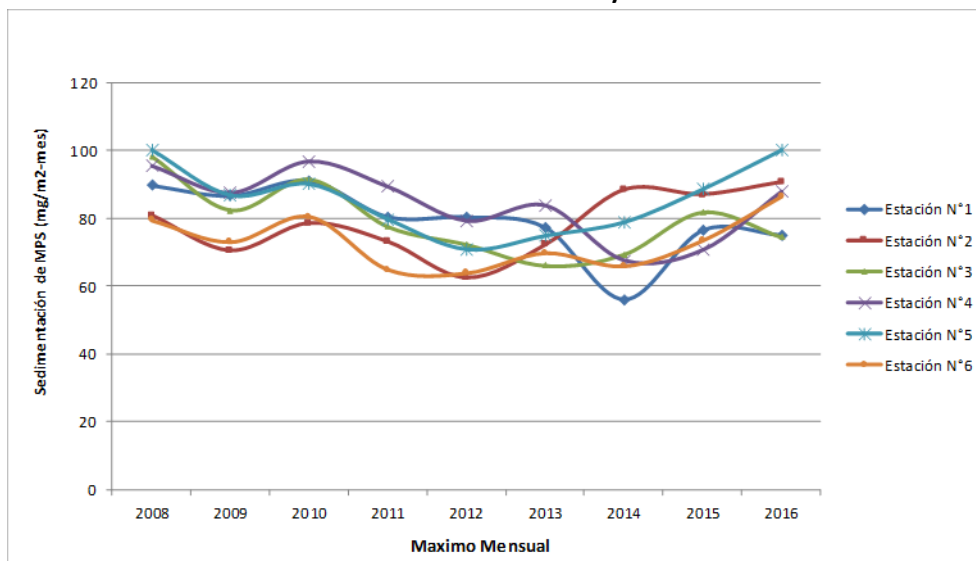
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el monitoreo, se puede advertir que el aporte de particulado respirable debido a la infracción analizada, no modificó la condición de la calidad del aire, la cual se mantiene por debajo de la condición latencia según el cuerpo normativo (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Fracción Gruesa

En Figura 5-91 se presenta la evolución de la tasa de sedimentación anual de MPS en las seis estaciones existentes en el valle, donde en general desde el año 2008 al año 2014, la deposición de MPS promedio anual disminuyó del orden de un 20%. Luego desde el año 2014 a la fecha se ha presentado un aumento cercano al 20%, por lo que prácticamente se ha vuelto a los niveles de concentración del año 2008.

Figura 5-91. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones

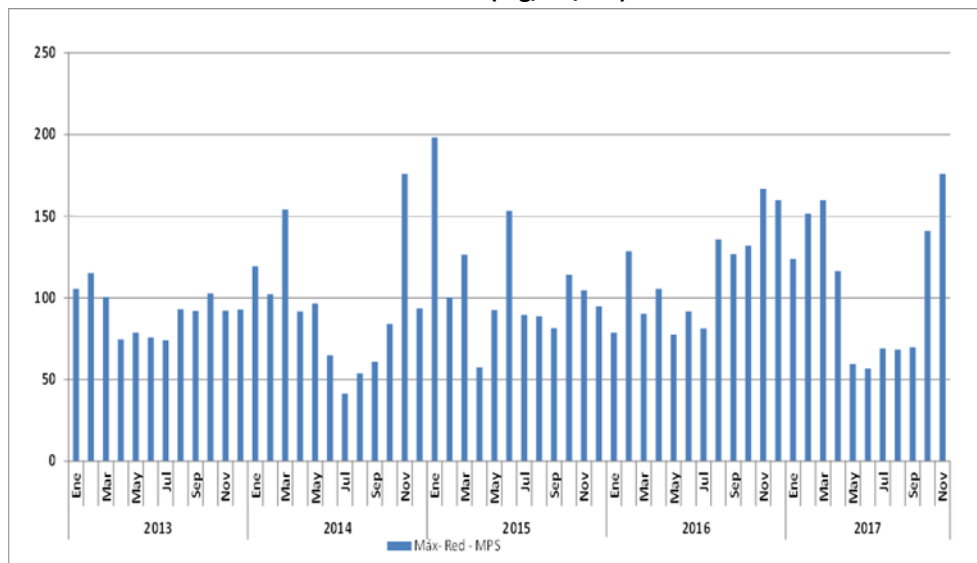


2017*: Año sin Mes de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-92 se presentan la sedimentación máxima para los años 2013 a 2017, donde se puede observar un aumento de las a contar del año 2013.

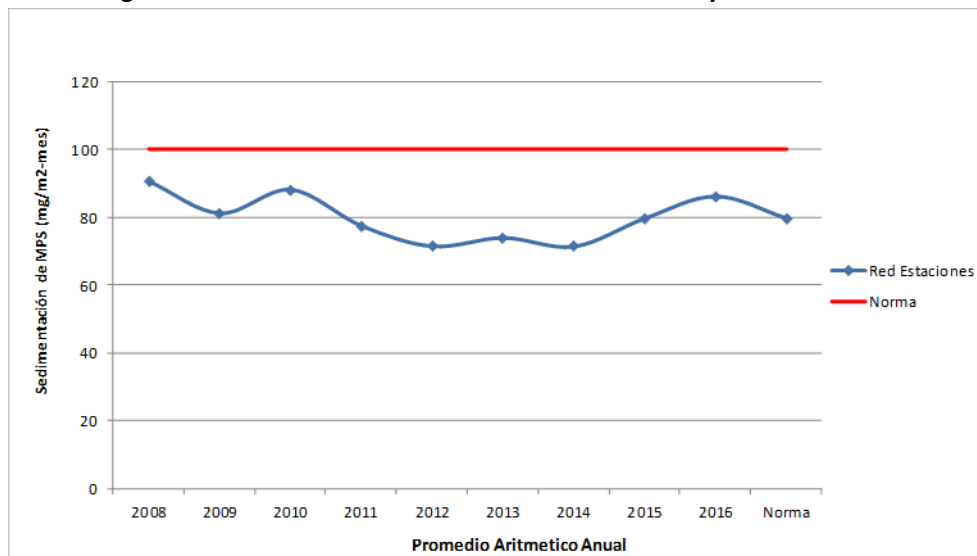
Figura 5-92. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m²/día)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al cumplimiento normativo en Figura 5-93, se presenta los promedios anuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que la norma anual no fue superada en el periodo de analizado.

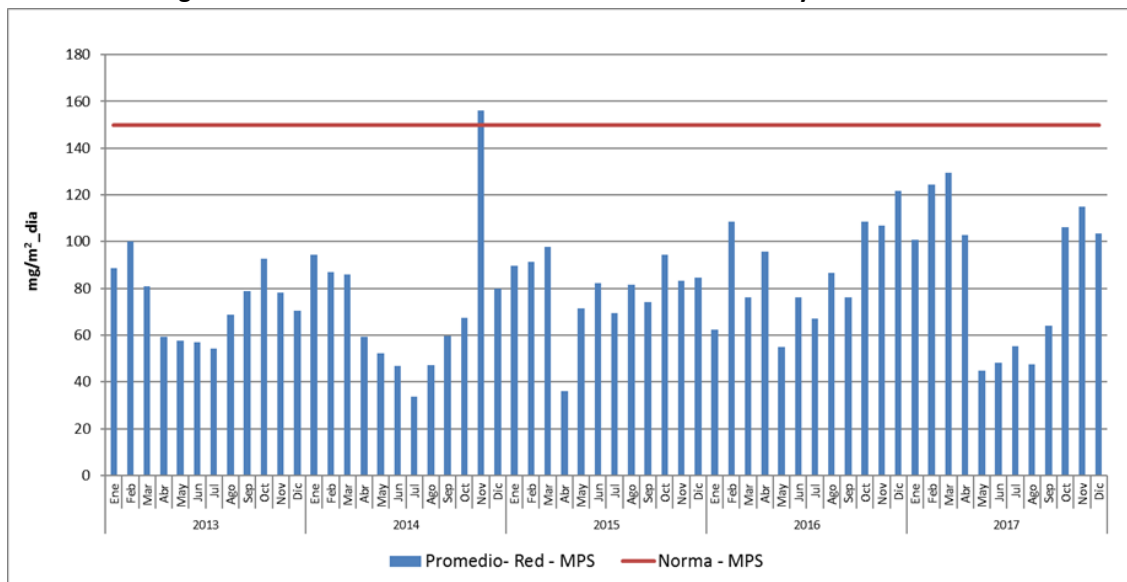
Figura 5-93. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al promedio mensual en Figura 5-94, se presenta los promedios mensuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que se presentó una superación de la norma en el mes de noviembre de 2014.

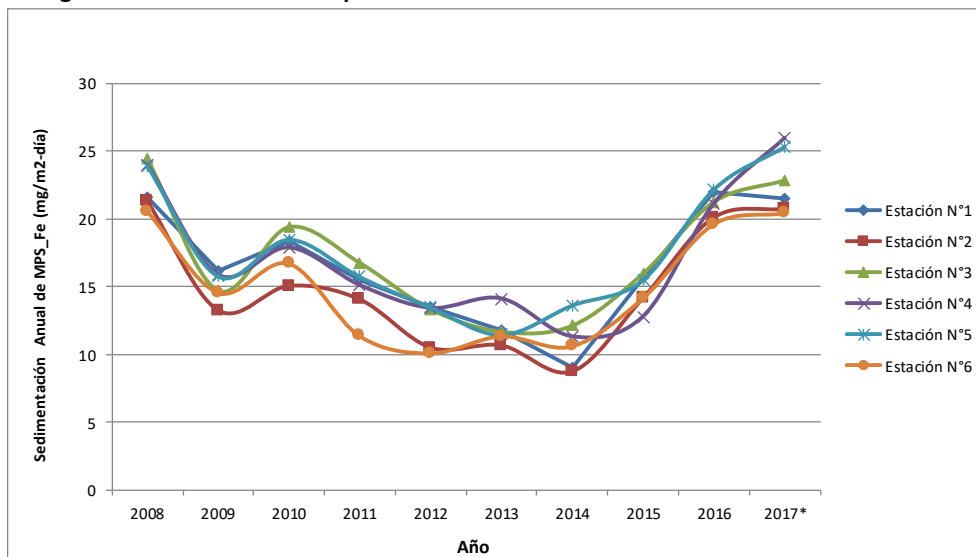
Figura 5-94. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

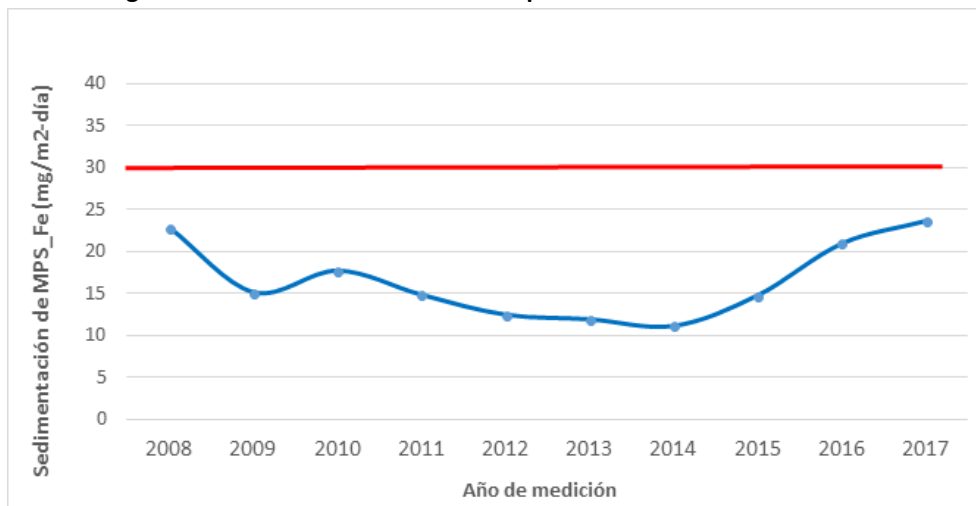
En cuanto al contenido de hierro en el MPS, en Figura 5-95 se presenta los valores medidos en las estaciones N°1 a N°6, en donde al igual que el MPS desde el año 2008 a 2014 se presenta una disminución en el hierro del MPS, luego desde el 2014 se presenta un aumento hasta el 2017. En todo el periodo no se supera el valor normado de 30 (mg/m²/d) según D.S. N° 4/92.

Figura 5-95. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones



Fuente: Elaboración propia

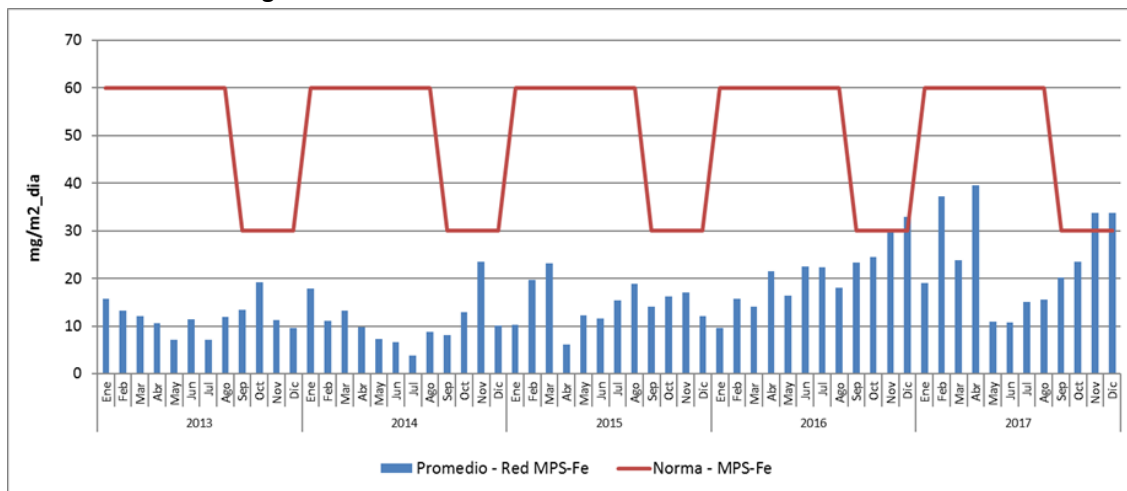
Figura 5-96. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017



Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-97, se presenta el porcentaje de Hierro en el MPS promedio mensual de las estaciones del Valle, para periodo de 2013 a 2017. Las excedencias a la norma se concentran preferentemente en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017.

Figura 5-97. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la relación del aporte calculado y los valores registrados en las estaciones, debido a que las infracciones señaladas se presentan en el periodo entre el año 2013 hasta el año 2016, se compararán los resultados de la modelación realizada, con los máximos valores del promedio mensual y anual de cada estación. En Tabla 5-93 se presenta el aporte porcentual a los promedios registrados, donde las estaciones N1, N2 y N4 son las estaciones donde se presenta los mayores aportes.

Tabla 5-93. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS.

Receptor	MPS Medido Valor Max del Promedio (mg/ (m ² día))		MPS Modelado Valor Max Promedio (mg/ (m ² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	198	77	4,85	3,66	2,4%	4,8%
Estación N° 2	154	91	1,35	1,15	0,9%	1,3%
Estación N° 3	153	82	0,54	0,42	0,4%	0,5%
Estación N° 4	138	104	1,32	1,09	1,0%	1,1%
Estación N° 5	198	100	0,24	0,20	0,1%	0,2%
Estación N° 6	169	87	0,25	0,16	0,1%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el %hierro presente en el preconcentrado es de 64%, en Tabla 5-94 a continuación, se presenta el aporte al hierro en el MPS en cada estación. En estación N°1 el aporte de Fe en MPS modelado, es del orden del 10,6% y 10,7% para las normas mensual y anual respectivamente. La Estación N°4 presenta aportes de 1,8% y 2,7% y en Estación N°2 los aportes son de 2,7% y 3,5 % para norma mensual y anual.

Tabla 5-94. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe.

Receptor	Fe en MPS Medido Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		Fe en MPS Modelado Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	29,2	22,0	3,1	2,3	10,6%	10,7%
Estación N° 2	31,7	20,8	0,9	0,7	2,7%	3,5%
Estación N° 3	38,3	22,8	0,3	0,3	0,9%	1,2%
Estación N° 4	46,7	26,0	0,8	0,7	1,8%	2,7%
Estación N° 5	48,5	48,5	0,2	0,1	0,3%	0,3%
Estación N° 6	37,2	20,4	0,2	0,1	0,4%	0,5%

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.6 Conclusión

Determinado el aporte de material particulado fino y el análisis de la línea de base respecto a el MP10 y MP2,5, se puede concluir que el efecto producido es un aumento de la concentración ambiental del material respirable MP10 por sobre lo evaluado ambientalmente en las RCA 215/2010 y 246/2010, el cual no representó un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modificó la condición establecida por las normas primarias.

Para el Material Particulado Sedimentable (MPS) y el Hierro (Fe en MPS), la línea de base presenta superación de ambas normas (Decreto Exento N° 4/92, Ministerio de Agricultura), concentrándose en los años 2014 a 2016, periodo en el cual se presentaron las infracciones analizadas. Con la modelación realizada se pudo determinar que los efectos esperados fueron un aporte al promedio mensual y anual de MPS del orden del 2,5% y 4,8% respectivamente, en las estaciones más cercanas a la vía férrea como lo son Estación N°1, N°2 y N°4. En cuanto al Hierro en el MPS, este superó la norma establecida en 11 ocasiones en especial para el año 2016, para este caso el aporte calculado es cercano al 10% del valor medido de promedio mensual. Se puede desprender que existe un efecto que es el aporte al aumento de la sedimentación dentro de las estaciones evaluadas, las cuales presentaron superación de la norma entre los años 2014 a 2016.

La Norma D Ex N°4/92 tiene por objeto la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables, en el valle del Río Huasco. De acuerdo con lo señalado en el Hecho N°2, donde se destaca que, según lo demostrado en investigaciones desarrolladas por la Universidad de Chile en la década del 90, en conjunto con el INIA, la situación deficiente de los huertos y consecuentemente su productividad, tenían como factores predominantes el riego, fertilización, malezas, poda y cosecha (Cooper et al. 2001). Sumado a lo anterior destaca que, si bien se superó la norma de MPS, esta fue una situación aislada durante el periodo, y por lo general no se superó el 80% del valor de la norma D Ex N°4/92.

Los aportes de material particulado a cada estación se resumen a continuación en Tabla 5-95, a continuación.

Tabla 5-95. Aportes estimados a MPS.

Receptor	% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
Estación N° 1	2,4%	4,8%
Estación N° 2	0,9%	1,3%
Estación N° 3	0,4%	0,5%
Estación N° 4	1,0%	1,1%
Estación N° 5	0,1%	0,2%
Estación N° 6	0,1%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-96. Aportes M10, Hecho N° 6

Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,72	1,69	1,4%	3,4%

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: “Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias”), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°6 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto la “Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017”.

5.3.1 HECHO 7:

5.3.1.1 Descripción del Hecho

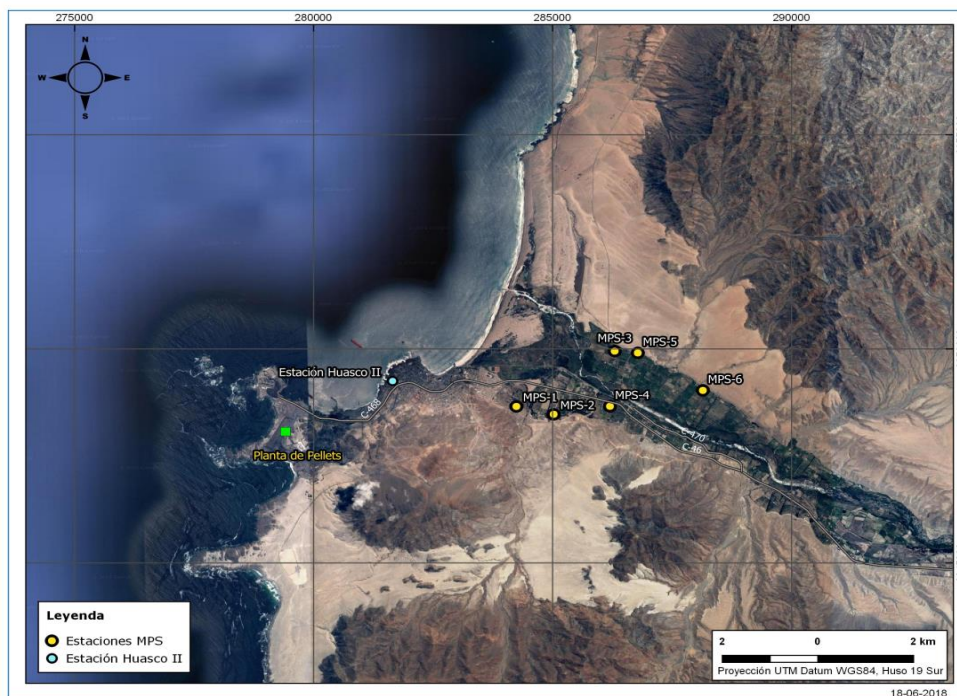
El transporte de preconcentrado por vía férrea se ejecutó bajo condiciones diversas a las aprobadas ambientalmente lo que se manifiesta en:

- El número de carros por cada ferrocarril que transporta preconcentrado de hierro hasta la Planta de Pellets, supera el máximo de tolvas autorizado, según lo constatado en inspecciones establecidas en la Tabla N° 8 del Cap. V de la Formulación de Cargos.
- La carga de cada tren supera el máximo autorizado, durante todos los meses del período comprendido entre enero de 2013 y septiembre de 2015, según información remitida por el titular y consignada en Tabla N° 9 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.

5.3.1.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

En términos generales el aumento de carros y carga en el ferrocarril se expresa ambientalmente en la superación (por MPS y por concentración de hierro en él) de las normas secundarias expresadas en el DEx 4/92 del Minagri. Las estaciones donde se evalúa el cumplimiento del DEx 4/92, son las que se muestran a continuación.

Figura 5-98. Ubicación de estaciones de MPS



Las normas contenidas en el Decreto Exento N° 4/92, Ministerio de Agricultura, son:

Artículo 4°: Establéese, como norma secundaria de calidad ambiental, los siguientes valores máximos permisibles:

- Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día (mg/ (m2/día)) como concentración media aritmética mensual.
- Hierro en el material particulado sedimentable: 60 (mg/ (m2/día)) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 (mg/(m2/día)) como concentración media aritmética mensual.
- Material particulado sedimentable: 100 (mg/(m2/día)) como concentración media aritmética anual.
- Hierro en el material particulado sedimentable: 30 (mg/(m2/día)) como concentración media aritmética anual.

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°7, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010, RCA 215/2010 que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

RCA 246/2010

- **Considerando 4.2.1.2 Sector Vía Férrea:** Los productos de la Mina son transportados a la Planta Pellets de Huasco mediante ferrocarril. (...) El número promedio diario actual de trenes es de 9, con una cantidad de 35 carros por viaje con 58 toneladas de preconcentrado por viaje.
- **Considerando 4.3.2 Sector Vía Férrea:** Para poder realizar el aumento de transporte de preconcentrado, se aumentará la frecuencia media de viajes a 12 por día con un máximo de 15, con 35 carros por viaje con 60 toneladas.

RCA 215/2010

- **Considerando 4.2.2.1 b.2) Modificaciones a la gestión de la flota de trenes:** Para poder realizar el aumento de transporte de preconcentrado, se aumentará la frecuencia media de viajes a 15 por día. Los 35 carros irán cargados con 60 toneladas de preconcentrado por carro.

5.3.1.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas se relaciona, por un lado, con afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de hierro en el mismo) y su objetivo ambiental específico está relacionado con la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables considera por esa misma razón valores diferentes para períodos distintos durante el año. A saber:

- a) Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual.
- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual.
- c) Material particulado sedimentable: 100 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética anual.
- d) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética anual

5.3.1.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cuantificación de Aportes

A continuación, se presenta la cuantificación de aportes en términos de emisiones. Las emisiones estimadas, corresponden a las emisiones no analizadas en el EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en

Planta de Pellets” y EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta Pellets”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire.

Metodología

Como se constató, se superó el número de carros trasladados por el tren, además estos carros presentaban mayor carga a la autorizada ambientalmente en RCA 215/2010 y RCA 246/2010. Este aumento en el número de carros trasladado, considerando que las medidas de gestión asociadas al tren presentaban escaso o nulo funcionamiento, generó emisiones a la atmósfera, las cuales no estaban evaluadas ambientalmente. Debido a esto es necesario la determinación de las emisiones generadas, para esto se definió un escenario de operación conservador, que permita la estimación en las peores condiciones.

El escenario definido, reúne las siguientes consideraciones:

- *Aumento de carros transportados:* Se considerará que la erosión afecta al total de carros trasladados, considerando que el aumento máximo fue de 12 carros extras.
- *Aumento de Carga Transportada:* el aumento de carga trae consigo que se sobrepase el límite sobre el cual existe erosión eólica, por lo que se considerará que todas las tolvas poseen carga a ser erosionada.
- Se considera que todas las infracciones del Hecho N°6, se presentan en los 12 carros.

La metodología para el cálculo de las emisiones producto de la falta de medidas de mitigación para los 12 carros es la descrita en el Hecho N°6 (5.3.2.5)

Las emisiones producto de la erosión eólica en los carros, se sigue la siguiente expresión.

$$Fe = Te * H * S$$

Donde

Fe: Factor de Emisión por unidad de superficie en (t/h/ha)

Te: Tasa de Emisión proveniente del túnel del viento en (t/h/ha)

S: superficie (ha)

H: tiempo de traslado (h)

Finalmente, para determinar las emisiones anuales se calculan mediante la siguiente expresión.

$$Em = k * Fe * Nv * P$$

Donde

Em= Emisión (t/año)

K= Factor según tamaño de partícula (MP30= 0.198, MP10 = 0.089, MP2,5 0.0089)

Fe: Factor de Emisión por unidad de superficie en (t/h/Ha)

Nv: Numero de Viajes (12 x día)

P: Periodo de Tiempo (365 días)

Una vez determinada las emisiones producto de la infracción se precederá a la modelación de la dispersión de los contaminantes emitidos, el cual seguirá los lineamientos de la Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. Para este efecto se utilizó el modelo Calpuff con meteorología del año 2016 la cual fue estimada con el modelo WRF-ARW en su versión 3.8.1. La configuración de WRF y el análisis de incertidumbre del modelo meteorológico se presenta en el Anexo 4 -Modelo Meteorológico y Análisis de incertidumbre CMP- Huasco. Una vez realizado el modelo de dispersión se procede a determinar el aporte ambiental de las emisiones adicionales calculadas.

Estimación de Emisiones

El máximo de carros utilizados en el periodo 2013 a 2015 fue de 47, lo cual excede lo permitido en 12 carros, para el cálculo de las de emisiones producto del aumento en carros y carga transportada, se asume solo 12 carros, considerando que en el hecho N°6 se calcularon las emisiones para 35 carros, con lo cual se tiene los 47 carros.

Al igual que el Hecho 6, para éste se utilizará el estudio “Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades”, año 2018, PUCV. La velocidad responsable de la erosión será a la cual circula el tren, la que presenta tramos de restricción a lo largo del trazado, las velocidades máximas de acuerdo con los tramos de restricción se presentan en en la siguiente tabla, en tanto en los tramos donde no se presenta restricción de velocidad, se considera una velocidad promedio de 30 (km/h).

Tabla 5-97.Velocidades Máximas por Tramo

Sector	Velocidad Máxima (km/h)
Vallenar	20
Freirina	25
Huasco Bajo	10
Huasco	20

Fuente: Elaboración propia

Para ajustar a un escenario desfavorable, a la velocidad del tren se le adiciona la velocidad del viento, considerando que este se opone al movimiento del tren aumentando la erosión. La velocidad del viento para el año 2016 es en promedio de 3,4 (m/s) de acuerdo con los registros de la estación agroclimática ubicada en la ciudad de Vallenar.

A continuación, en Tabla 5-98 se presenta los niveles de actividad para cada tramo de Vía, donde el Tren presenta diferentes Velocidades. El tiempo de traslado depende de la velocidad del tren, el tiempo

estimado desde origen a destino es de 05:00 hr. La superficie expuesta, como se presentó en el hecho N°6, es de 2 m².

Tabla 5-98. Actividades generadoras de emisiones de material particulado

Tramo	Tiempo Traslado (Hrs)	Numero de Carros	Área Carro (ha)	Velocidad (km/hr)	Tasa Emisión (t/ha/hr)	Tasa Unitaria (t/hr)	Factor Emisión (t/viaje)		
							MP30	MP10	MP2,5
Vallenar	0,08	12	2,00E-04	32,60	3,40	0,03	1,26E-04	5,68E-05	5,68E-06
Freirina	0,07	12	2,00E-04	37,60	4,94	0,05	1,70E-04	7,63E-05	7,63E-06
Huasco Bajo	0,11	12	2,00E-04	22,60	0,31	0,00	1,59E-05	7,15E-06	7,15E-07
Huasco	0,14	12	2,00E-04	32,60	3,40	0,03	2,28E-04	1,02E-04	1,02E-05
SR	5,60	12	2,00E-04	42,60	6,48	0,06	1,72E-02	7,75E-03	7,75E-04

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, considerando un promedio de 12 viajes diarios de acuerdo con los registros del periodo en análisis, las emisiones calculadas producto de la erosión eólica sobre las tolvas se presentan en Tabla 5-99.

Tabla 5-99. Emisiones de material particulado Erosión Eólica.

Tramo	Emisión (t/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
Vallenar	0,6	0,2	0,0
Freirina	0,7	0,3	0,0
Huasco Bajo	0,1	0,0	0,0
Huasco	1,0	0,4	0,0
SR (Sin Restricción)	75,5	34,0	3,4
Total	77,9	35,0	3,5

Fuente: Elaboración propia

Modelación de dispersión de emisiones

Utilizado el modelo de dispersión Calpuff, se procedió a determinar la dispersión del material particulado sedimentable, provocada por la erosión del preconcentrado desde los carros, debido a las deficiencias en las medidas de mitigación, utilizando para ello los registros de las estaciones monitoras de MPS (ver Figura 5-98).

Tabla 5-100. Receptores discretos

Receptores Discretos	X	Y
Estación N 1	284.245	6.848.655
Estación N 2	285.019	6.848.475
Estación N 3	286.302	6.849.951
Estación N 4	286.202	6.848.668
Estación N 5	286.794	6.849.868
Estación N 6	288.108	6.849.004

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la modelación realizada, el aporte a cada estación monitora se presentan en Tabla 5-101 a continuación. La metodología de modelación y análisis de incertidumbre del modelo se presenta en Anexo 4.

Los aportes modelados a la calidad del aire, en los receptores señalados, considerando el excedente de carros, se presentan a continuación en Tabla 5-101.

Tabla 5-101. Aportes a línea de Base MPS

Receptor	MPS Promedio Mensual (mg/m ² /día)	MPS Promedio Anual (mg/m ² /día)
Estación N 1	1,69	2,28
Estación N 2	0,49	0,58
Estación N 3	0,17	0,22
Estación N 4	0,46	0,54
Estación N 5	0,08	0,10
Estación N 6	0,06	0,10

Fuente: Elaboración propia

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-102. Aportes M10, Hecho N° 7

Receptor	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 Promedio Diario P98 (µg/m ³)	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 Promedio Diario P98 (µg/m ³)
Población Huasco II	0,25	0,58	0,5%	1,2%

Análisis de los efectos observados

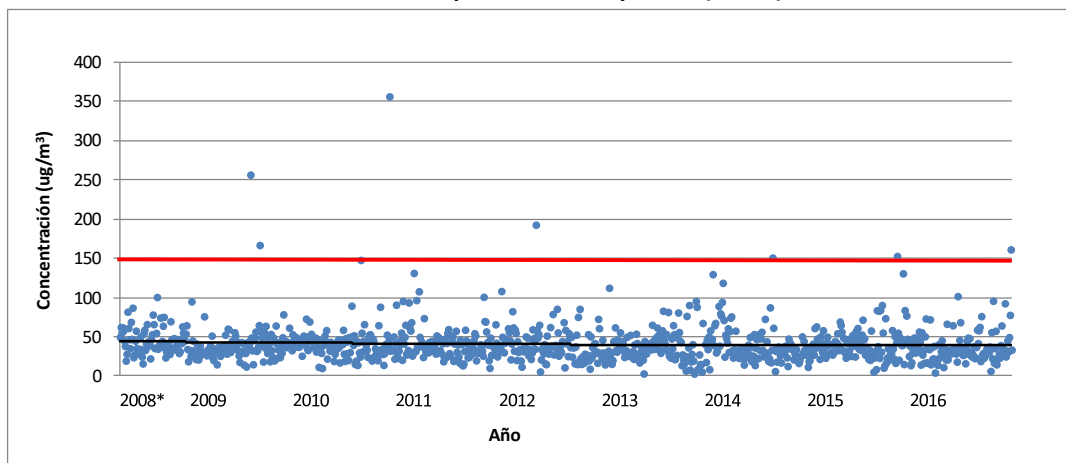
El efecto provocado, debido al aumento por sobre lo aprobado del número de carros y carga transportada, está relacionado con la emisión de material particulado, MP10 y MP2,5, pero principalmente de material

sedimentable MPS, el cual fue estimado en 64,9 (t/año), lo cual redunda en un aumento de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 además de la tasa sedimentación del MPS en los sectores aledaños a la línea férrea.

Fracción Respirable

En relación con el material particulado MP10 y MP2,5 durante el 2013 al 2015, periodo durante el cual se desarrollaron las infracciones, han presentado un descenso de las concentraciones como se puede advertir en las siguientes graficas.

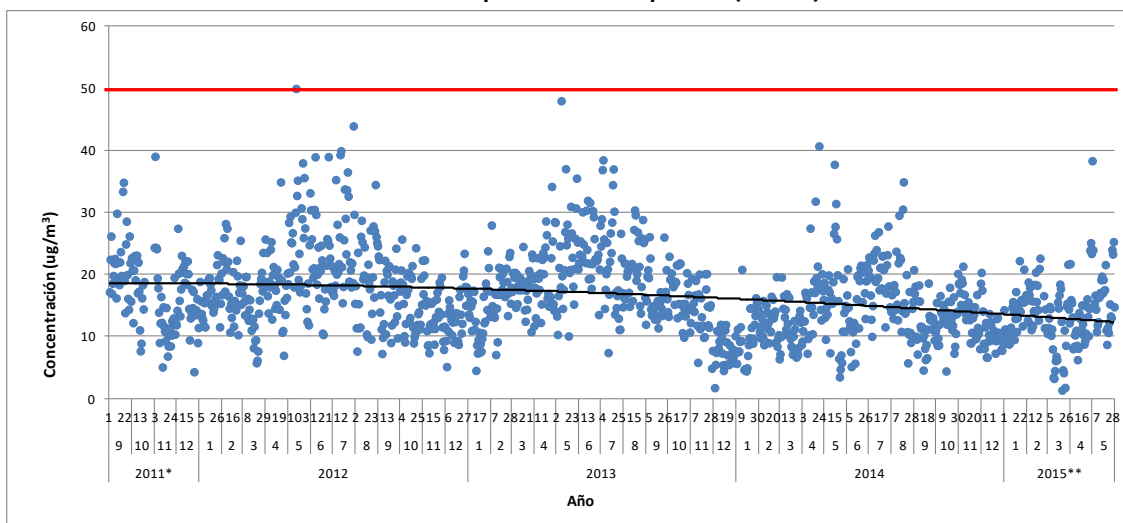
Figura 5-99. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

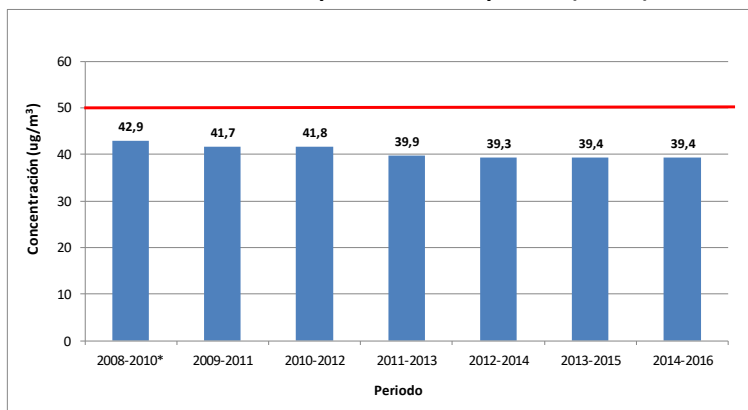
Figura 5-100. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El Promedio trianual para MP10 es de $39,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa un 78,8% del valor normado, en tanto para el MP2,5 el promedio es de $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 76% de la norma.

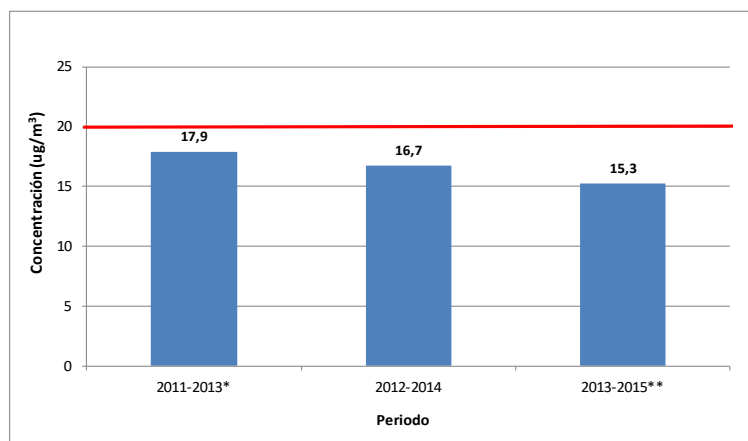
Figura 5-101. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

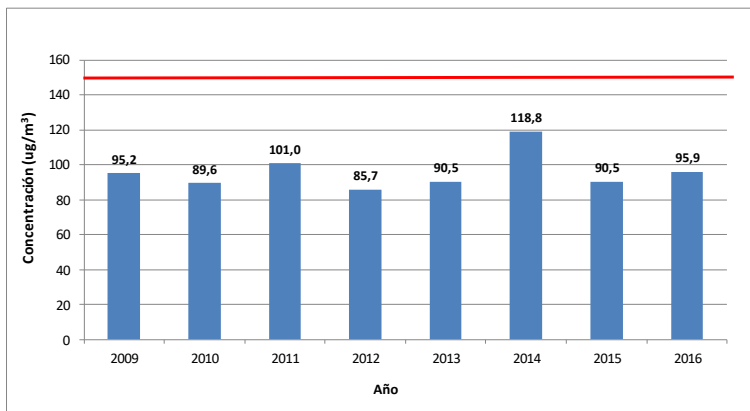
Figura 5-102. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El promedio diario de MP10 para los años 2009 a 2016 se presenta Figura 5-103, donde para el periodo de infracción el promedio de las concentraciones diarias en percentil 98 es de $101,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual representa un 67% de la norma, variando de $118,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 2014 a $95,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 2016. A continuación, se presenta el promedio diario de MP10 y MP2,5 respectivamente.

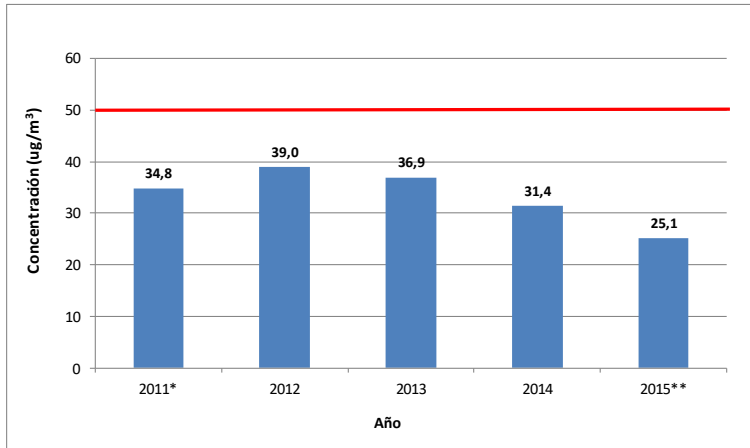
Figura 5-103. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

A diferencia del MP10, el MP2,5 ha presentado un descenso del percentil 98 de las concentraciones promedio diario. Para el año 2014, último año completo disponible, el valor del percentil 98 es de 31,4 µg/m³ lo que representa el 63% del valor normado.

Figura 5-104. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Considerando la evolución y los registros de MP10 y MP2,5 en estación Población Huasco II, se observa que el efecto provocado es un aumento de las concentraciones de MP10, donde para año 2014 se presentó un aumento de 12%, para el año 2015 el aumento está en torno a un 6% de los valores registrados antes de las infracciones. Distinto escenario se observa en el MP2,5 el cual no presenta un aumento significativo, esto debido a que el preconcentrado trasladado presenta bajo contenido de partículas menores a 2,5 µ.

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-103. Aportes M10, Hecho N° 7

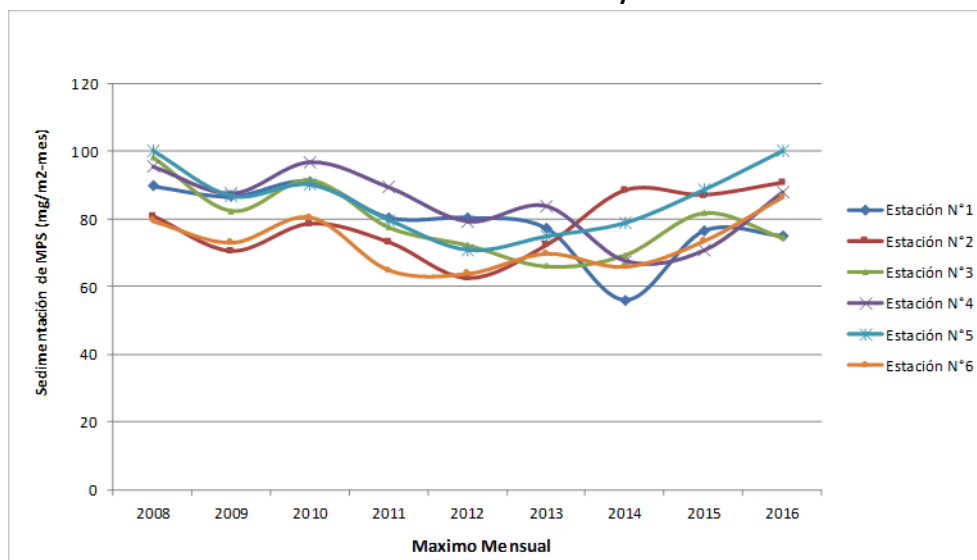
Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,25	0,58	0,5%	1,2%

De acuerdo con el monitoreo, se puede advertir que el aporte de particulado respirable no modificó la condición de la calidad del aire, la cual se mantiene por debajo de la condición latencia según el cuerpo normativo (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Fracción Gruesa

El siguiente gráfico presenta la evolución de la tasa de sedimentación anual de MPS en las seis estaciones existentes en el valle, donde en general desde el año 2008 al año 2014, la deposición de MPS promedio anual disminuyó del orden de un 20%. Luego desde el año 2014 a la fecha se ha presentado un aumento cercano al 20%, por lo que prácticamente se ha vuelto a los niveles de concentración del año 2008.

Figura 5-105. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones

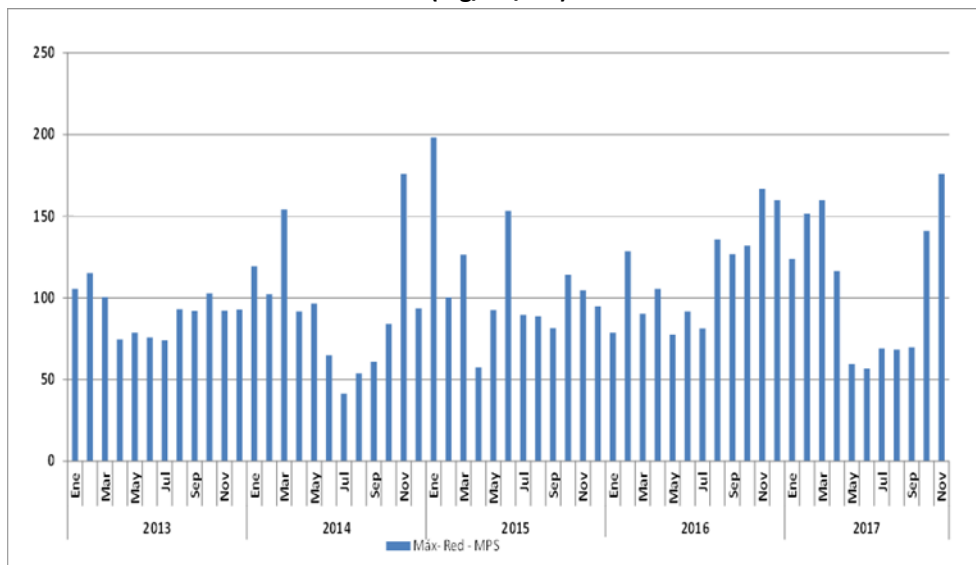


2017*: Año sin Mes de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-106 se presenta la sedimentación máxima para los años 2013 a 2017, donde se puede observar un aumento a contar del año 2013.

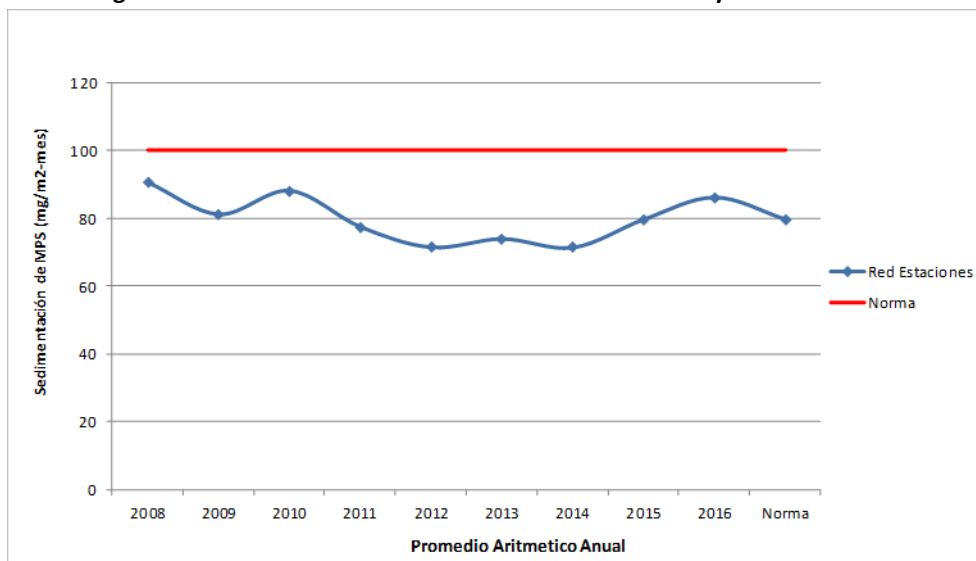
Figura 5-106. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones (mg/m²/día)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al cumplimiento normativo en Figura 5-107, se presenta los promedios anuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que la norma anual no fue superada en el periodo de analizado.

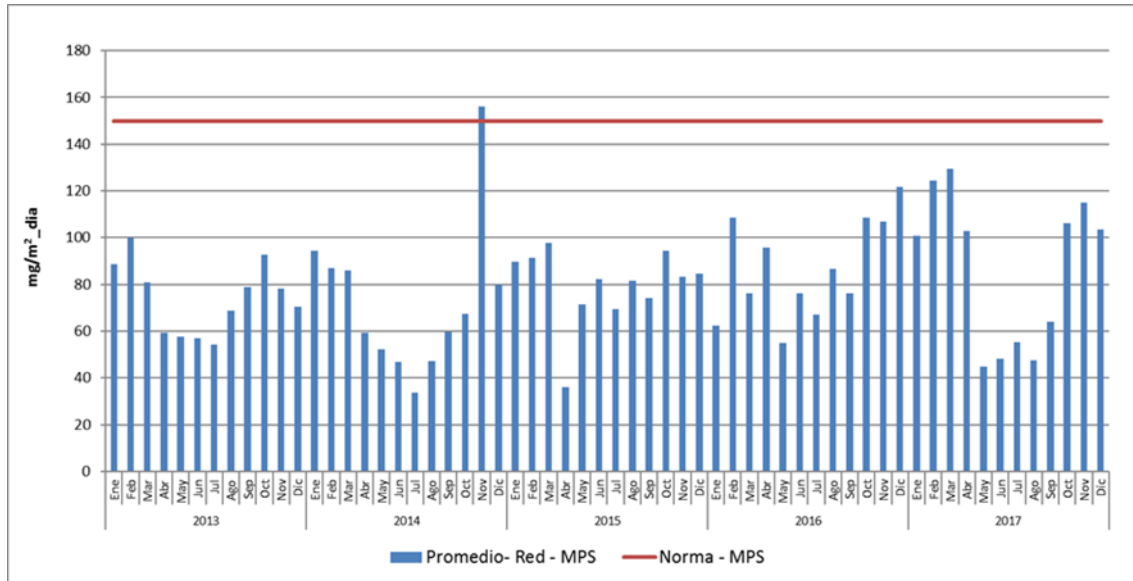
Figura 5-107. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

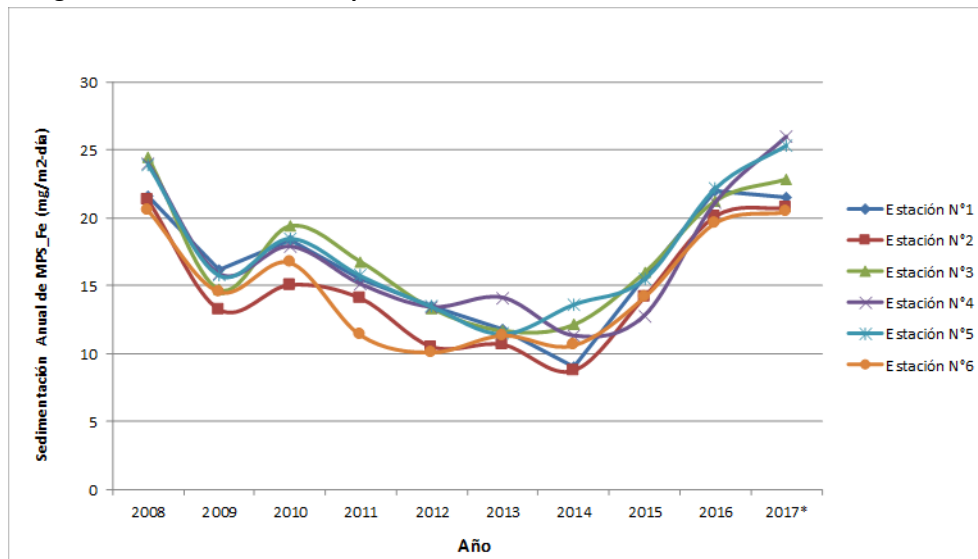
En cuanto al promedio mensual en Figura 5-108, se presenta los promedios mensuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que se presentó una superación de la norma en el mes de noviembre de 2014.

Figura 5-108. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



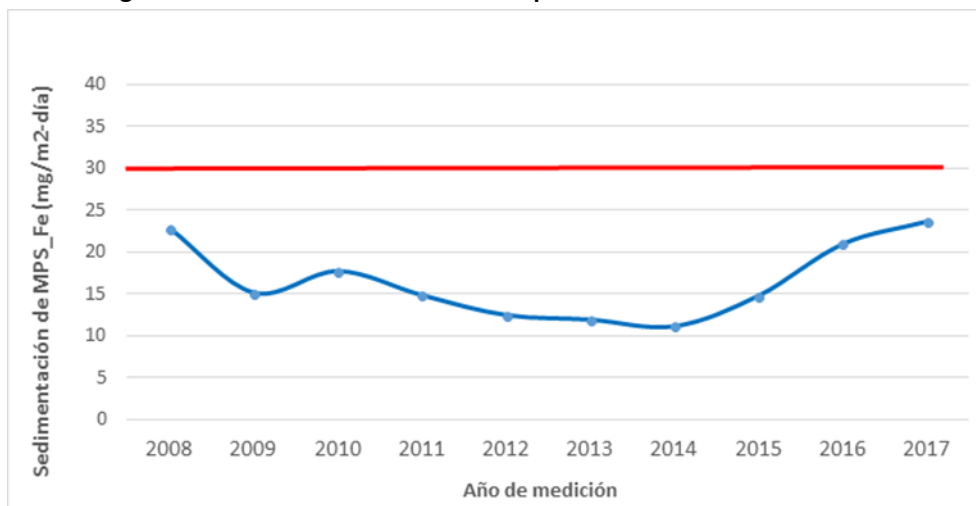
En cuanto al contenido de hierro en el MPS, en Figura 5-109 se presenta los valores medidos en las estaciones N°1 a N°6, en donde al igual que el MPS desde el año 2008 a 2014 se presenta una disminución en el hierro del MPS, luego desde el 2014 se presenta un aumento hasta el 2017. En todo el periodo no se supera el valor normado de 30 (mg/m²/d) según D.S. N° 4/92.

Figura 5-109. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones



Fuente: Elaboración propia

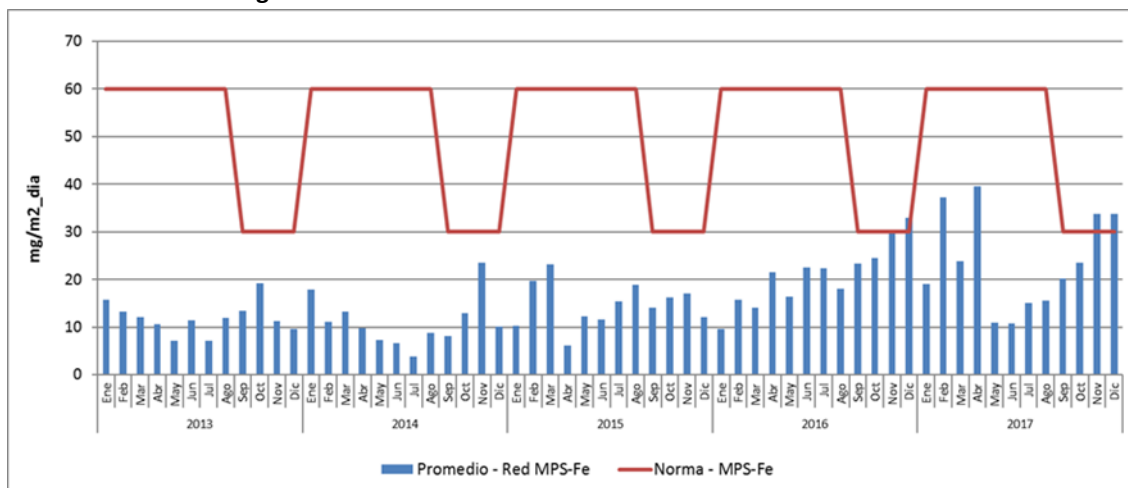
Figura 5-110. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017



Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-111, se presenta el porcentaje de Hierro en el MPS promedio mensual de las estaciones del Valle, para periodo de 2014 a 2017. Las excedencias a la norma se concentran preferentemente en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017.

Figura 5-111. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la relación del aporte calculado y los valores medidos en las estaciones, debido a que las infracciones señaladas se presentan en el periodo entre el año 2013 hasta el año 2015, se comparará los resultados de la modelación realizada, con los máximos valores del promedio mensual y anual de cada estación. En Tabla 5-104 se presenta el aporte porcentual a los promedios registrados, donde las estaciones N1, N2 y N4 son las estaciones donde se presenta los mayores aportes.

Tabla 5-104. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS (2013 a 2017).

Receptor	MPS Medido Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		MPS Modelado Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	198	77	1,66	1,26	0,8%	1,6%
Estación N° 2	154	91	0,46	0,39	0,3%	0,4%
Estación N° 3	153	82	0,18	0,14	0,1%	0,2%
Estación N° 4	138	104	0,45	0,38	0,3%	0,4%
Estación N° 5	198	100	0,08	0,07	0,0%	0,1%
Estación N° 6	169	87	0,08	0,06	0,0%	0,1%

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el % hierro en el preconcentrado es de 64%, en Tabla 5-105 a continuación, se presenta el aporte al hierro en el MPS en cada estación.

En estación N°1 el aporte de Fe en MPS modelado, es del orden del 3,6% y 3,7% para las normas mensual y anual respectivamente. La Estación N°4 presenta aportes de 0,6% y 0,9% y en Estación N°2 los aportes son de 0,9% y 1,2 % para norma mensual y anual.

Tabla 5-105. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe (2013 a 2017).

Receptor	Fe en MPS Medido Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		Fe en MPS Modelado Promedio (Max) (mg/ (m ² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	29,2	22,0	1,06	0,80	3,6%	3,7%
Estación N° 2	31,7	20,8	0,30	0,25	0,9%	1,2%
Estación N° 3	38,3	22,8	0,12	0,09	0,3%	0,4%
Estación N° 4	46,7	26,0	0,29	0,24	0,6%	0,9%
Estación N° 5	48,5	48,5	0,05	0,04	0,1%	0,1%
Estación N° 6	37,2	20,4	0,05	0,04	0,1%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.5 Conclusión

Determinado el aporte de material particulado fino y el análisis de la línea de base respecto al MP10 y MP2,5, se puede concluir que se ha producido un aumento de la concentración del material respirable MP10 por sobre lo evaluado ambientalmente en las RCA 215 y 246. El cual no represento un aumento

significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modificó la condición establecida por las normas primarias (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Para el Material Particulado Sedimentable (MPS) y el Hierro (Fe en MPS), la línea de base presenta superación de ambas normas (D.S. N.º 4/92), concentrándose en los años 2014 a 2016, periodo en el cual se presentaron las infracciones analizadas. Con la modelación realizada, se pudo determinar que existió un aporte al promedio mensual y anual de MPS del orden del 0,8% y 3,7% respectivamente, donde en las estaciones más cercanas a la vía férrea se presenta mayor aporte como lo es en las estaciones N°1, N°2 y N°4. En cuanto al Hierro en el MPS, éste superó la norma en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017, para este caso el aporte calculado es cercano al 3,7% al promedio mensual. Se puede desprender que existe un aumento de la sedimentación dentro de las estaciones evaluadas, las cuales presentaron superación de la norma D Ex N°4/92 entre los años 2014, 2016 y 2017.

La Norma D Ex N°4/92 tiene por objeto la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables en el valle del Río Huasco. De acuerdo con lo señalado en el Hecho N°2, donde se destaca que, según lo demostrado en investigaciones desarrolladas por la Universidad de Chile en la década del 90, en conjunto con el INIA, la situación deficiente de los huertos y consecuentemente su productividad, tenían como factores predominantes el riego, fertilización, malezas, poda y cosecha (Cooper et al. 2001). Sumado a lo anterior destaca que, si bien se superó la norma de MPS, esta fue una situación aislada durante el periodo, y por lo general no se superó el 80% del valor de la norma D Ex N°4/92.

Los aportes de material particulado a cada estación se resumen a continuación.

Tabla 5-98. Aportes estimados a MPS Hecho N°7.

Receptor	% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
Estación N° 1	0,8%	1,6%
Estación N° 2	0,3%	0,4%
Estación N° 3	0,1%	0,2%
Estación N° 4	0,3%	0,4%
Estación N° 5	0,0%	0,1%
Estación N° 6	0,0%	0,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-99. Aportes MP10 Hecho N°7.

Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,25	0,58	0,5%	1,2%

Fuente: Elaboración propia

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: “Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias”), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°6 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto la “Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017”.

5.3.2 HECHOS 8:

5.3.2.1 Descripción del Hecho

La limpieza de la vía férrea no se ha ejecutado conforme a lo autorizado ambientalmente, en los siguientes sentidos:

- a) En tramo Mina Los Colorados-Estación Maitencillo:
 - i. Se realiza con periodicidad aleatoria y no trimestralmente.
 - ii. Se realiza de forma deficiente toda vez que se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en Tabla N° 10 del Cap. V de la Formulación de Cargos.
- b) En tramo Estación Maitencillo-Planta de Pellets:
 - iii. No se reporta a la autoridad la limpieza periódica.
 - iv. Se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en tabla N° 10 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.

La mantención y limpieza de Vía Férrea tiene por objetivo la eliminación de material (stock) susceptible de ser erosionado por lo cual el desarrollo de esta actividad de forma insuficiente e infrecuente puede provocar resuspensión por erosión eólica producto del paso del tren o por efecto del viento.

5.3.2.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

En términos generales los derrames de preconcentrado y su eventual resuspensión se expresa ambientalmente en la superación (por MPS y por concentración de hierro en él) de las normas secundarias expresadas en el D Ex 4/92 del Minagri. Las estaciones donde se evalúa el cumplimiento del D Ex 4/92, son las que se muestran en la Tabla 5-100.

Las normas contenidas en el D Ex 4/92 son:

Artículo 4°: Establécese, como norma secundaria de calidad ambiental, los siguientes valores máximos permisibles:

- a) Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual.
- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera mitad de diciembre en el que ésta será de 30 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética mensual.
- c) Material particulado sedimentable: 100 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética anual.
- d) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 (mg/ (m² día)) como concentración media aritmética anual.

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°8, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y RCA 215/2010 que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

RCA 246/2010

- **Considerando 7.1.2 f) Material particulado:** En el evento que se depositara en la vía mineral de hierro, las cantidades serán mínimas y serán recuperadas durante las campañas de limpieza y mantención periódica de ésta, las cuales se programan en base a la observación permanente del estado de la vía y ante la detección de laguna condición anormal.
- **Considerando 10.10:** El titular deberá mantener registro e informar de manera anual a la Seremi de Salud sobre las actividades de limpieza que se desarrollan trimestralmente a lo largo de la vía férrea, como la disposición final de los residuos recolectados a un relleno sanitario autorizado.

RCA 215/2010

- **Considerando 7.1.2 Vía Férrea:** Medidas de ingeniería:
 - Mejoramiento de la vía férrea que considera el mejoramiento de los rieles, limpieza de faja ferroviaria (...).En relación con el transporte ferroviario, se consideran las siguientes medidas de mitigación (...). Limpieza de la faja ferroviaria (...).
- **Considerando 8.5 Señalización vial sector vía férrea:**
Fase del proyecto: Etapa de operación

Descripción del monitoreo: se monitoreará el mantenimiento de las medidas de seguridad implementadas (...) y el cumplimiento del programa de limpieza de las vías y cruces. (...)

5.3.2.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas se relaciona, por un lado, con afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de hierro en el mismo) y su objetivo ambiental específico está relacionado con la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables considera por esa misma razón valores diferentes para períodos distintos durante el año. A saber:

- a) Material particulado sedimentable: 150 miligramos por metro cuadrado por día ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual.
- b) Hierro en el material particulado sedimentable: 60 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual, con excepción de los meses de septiembre, Octubre, Noviembre y primera mitad de Diciembre en el que ésta será de 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética mensual.
- c) Material particulado sedimentable: 100 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética anual.
- d) Hierro en el material particulado sedimentable: 30 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ día})$) como concentración media aritmética anual

5.3.2.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cuantificación de Aportes

A continuación, se presenta la cuantificación de aportes en términos de emisiones. Las emisiones estimadas, corresponden a las emisiones no analizadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets” y EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta Pellets”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire.

Metodología

Debido a que el transporte de concentrado se desarrolla con medidas de mitigación deficientes, esto provoca que parte del preconcentrado trasladado se vierta sobre el riel y los alrededores, el cual queda expuesto a la acción del viento provocando erosión del material depositado en las vías.

Debido a esto, es que se determinó una limpieza periódica de mineral depositado, de acuerdo con la RCA 215/10, actividad que no se ha desarrollado conforme lo aprobado en esta RCA y lo indicado en Res. N° 1315.

Este hecho queda identificado en la limpieza insuficiente o infrecuentemente en:

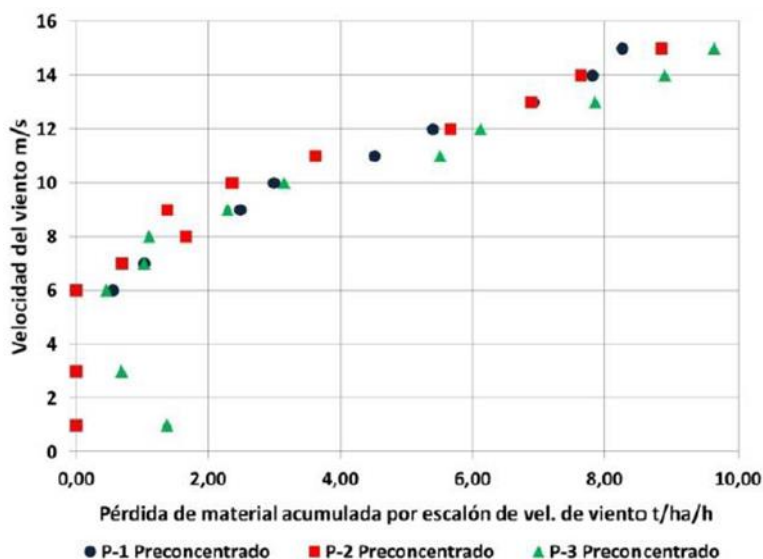
- Tramo Loma Los colorados - Estación Maitencillo
- Tramo Estación Maitencillo-Planta de Pellets:

Esta falta de limpieza de las vías del tren puede provocar que el material depositado en ella quede a expensas de la erosión eólica tanto por el paso del propio tren como del viento. Para la evaluación de las emisiones provocadas, se plantea un escenario donde se calculará la emisión producto de la erosión del viento, considerando para aquello que existe material disponible a ser erosionado en todo el largo de la vía férrea y en un ancho de 7 metros desde el eje.

El escenario definido, reúne las siguientes consideraciones:

- La erosión se calculará en una faja de 7 metros alrededor de la línea férrea.
- Se considera que, dentro de esta área, existe material permanentemente para ser erosionado.
- Para el cálculo de las emisiones de material particulado proveniente de la erosión de la vía férrea, se utilizará los resultados del estudio “Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades”, año 2018, PUCV. En dicho estudio se realizaron pruebas en túnel de viento para determinar la velocidad umbral a la cual comienza una movilización significativa de material particulado por efecto eólico los materiales evaluados fueron Preconcentrado; Sinter feed; Pellets Feed y Pellets Producto. Dicho estudio concluye que “la velocidad umbral a la cual comienza una movilización significativa de material particulado por efecto eólico en probetas preparadas a densidad aparente suelta en estado seco, es de aproximadamente 6 m/s”.
- El estudio estableció la relación entre velocidades del viento y pérdida por erosión por cada unida de superficie y tiempo de exposición.

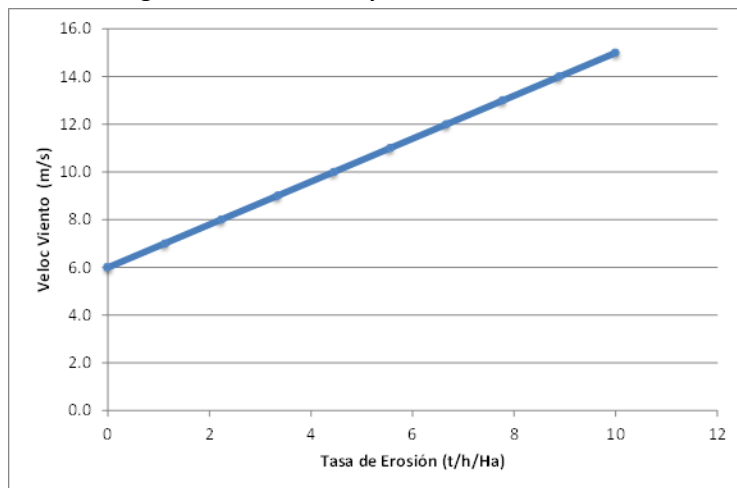
Figura 5-112. Perdida de Preconcentrado acumulado



Fuente: Determinación en Túnel de Viento de Material Movilizado a Distintas Velocidades

De acuerdo con los resultados obtenidos, se vislumbra en la recta la relación lineal entre la velocidad del viento y la pérdida por erosión eólica de preconcentrado.

Figura 5-113. Perfil de pérdida de concentrado



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta la granulometría del concentrado transportado donde se puede establecer que el material transportado menor 10 μ (MP10) representa el 9.8% del total, para el MP30, el cuál es considerado como materia particulado sedimentable (el cual puede ser transportado y sedimentado por efecto del viento) el diámetro es menor o igual a 45 μ , es el 19,8%, y finalmente para el material particulado es menor a 2,5 μ y no puede ser obtenido de la granulometría, por lo que se establece conservadoramente en un 10% del material particulado MP10.

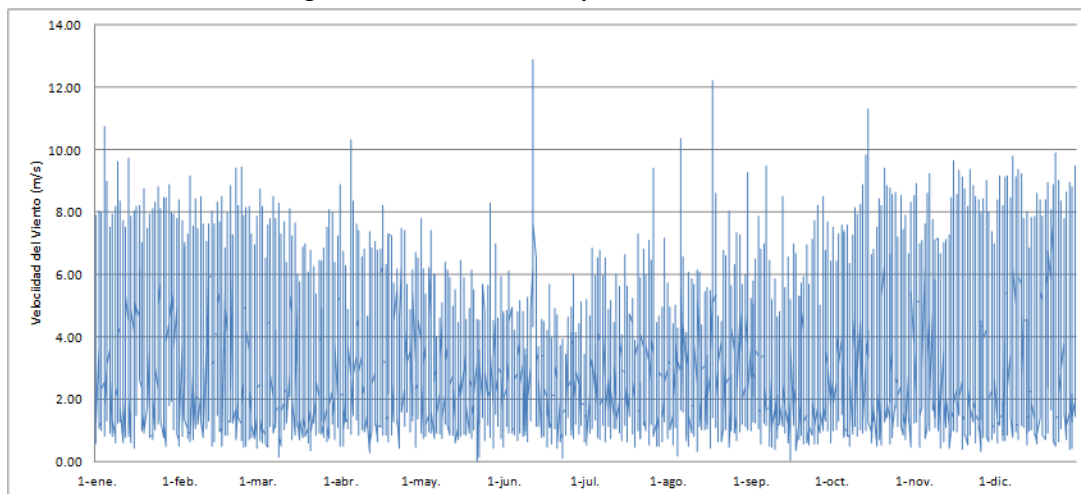
Tabla 5-106. Granulometría Preconcentrado Transportado

Tamaño	UM	Preconc. Básico
9.5 mm	%	1.0
6.3 mm	%	2.9
3.35 mm	%	11.0
1.00 mm	%	20.0
500 μ	%	14.1
150 μ	%	20.1
75 μ	%	6.1
53 μ	%	5.0
45 μ	%	0.8
27,5 μ	%	6.7
21 μ	%	1.8
15 μ	%	1.6
10 μ	%	1.4
7,5 μ	%	0.7
-7,5 μ	%	6.8

Fuente: Granulometría, CAP

Para determinar la erosión producto del viento, se utilizará de manera conservadora la velocidad máxima horaria registrada para el año 2016. La serie de velocidad máxima de estación Vallenar para el año 2016 se presenta a continuación.

Figura 5-114. Serie de tiempo velocidad máxima



Fuente: Elaboración propia

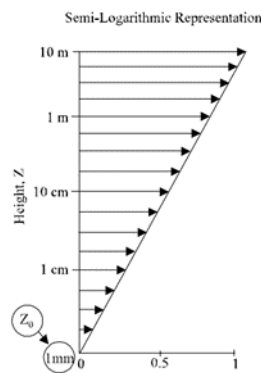
Considerando que la velocidad del viento es registrada a una altura de 2,0 metros sobre el nivel del suelo, es necesario llevar esta velocidad a la superficie, de manera conservadora se utilizará la velocidad del viento a una distancia de 0,2 m sobre la superficie de la vía férrea.

El perfil de Velocidad se comporta de acuerdo con la Figura 5-115. Para la determinación de la velocidad del viento a la altura de la superficie, se utiliza la siguiente expresión.

$$u(z) = u(2m) * \frac{\ln(\frac{z}{Cr})}{\ln(\frac{2}{Cr})}$$

- Donde:
- Z= Altura
- Cr= Coeficiente de Rugosidad (0.005)

Figura 5-115. Perfil de velocidad



Para el cálculo de las emisiones, se sigue la siguiente expresión

$$Em = \left(\sum_1^p \frac{(WS-6)}{0.9} \right) * S * k$$

- Donde
- Em= Emisión (t/año)
- Ws: Velocidad Viento (m/s)
- S: superficie (Ha)
- H: tiempo de traslado (h)
- Fe: Factor de Emisión por unidad de superficie en (t/h/Ha)
- p: Periodo de Tiempo (8.760 horas)

Una vez determinadas las emisiones producto de la infracción se procederá a la modelación de la dispersión de los contaminantes emitidos, el cual seguirá los lineamientos de la Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. Para este efecto se utilizó el modelo Calpuff con meteorología del año 2016 la cual fue estimada con el modelo WRF-ARW en su versión 3.8.1. La configuración de WRF y el

análisis de incertidumbre del modelo meteorológico se presenta en el Anexo 4: Metodología Modelo de Dispersión y Meteorológico CAP – Huasco. Una vez realizado el modelo de dispersión se procede a determinar el aporte ambiental de las emisiones adicionales calculadas.

Estimación de Emisiones

Considerando la velocidad máxima horaria obtenida desde los registros de la estación Vallenar corregida la altura de la línea ferroviaria, y utilizando la metodología presentada, se obtiene la emisión de material particulado debido a la erosión provocada en la línea férrea.

La superficie considerada es una faja de 7 metros alrededor del eje y del largo de la línea del tren, arroja una superficie a erosionar de 76,3 (Ha), el largo de la vía férrea es de 108 Km.

Tabla 5-107. Calculo de emisiones de material particulado Hecho N° 8

Superficie	Emisión (t/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
76,3	198,0	89,0	8,9

Fuente: Elaboración Propia

Modelación de dispersión de emisiones

Utilizado el modelo de dispersión Calpuff, se procedió a determinar la dispersión del material particulado sedimentable, provocada por la erosión sobre la línea férrea. Para esta modelación se considera que la emisión total es producida por la erosión eólica en las vías del tren y la calculada por erosión en los carros (hecho 6 y 7), considerando conservadoramente que todo el MP30 emitido por los carros cae directamente sobre la vía del tren para ser dispersada, en tanto el MP10 y MP2,5 debido a su naturaleza es dispersada fuera del área de la vía férrea por lo cual no es considerada.

Tabla 5-108. Inventario de emisiones de material particulado

Tramo	Emisión (t/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
Erosión Eólica Vía Férrea	198,0	89,0	8,9
Erosión Eólica Hecho 6 y 7	305,1	-	-
Total	503,1	71,5	7,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-116. Ubicación de estaciones de MPS

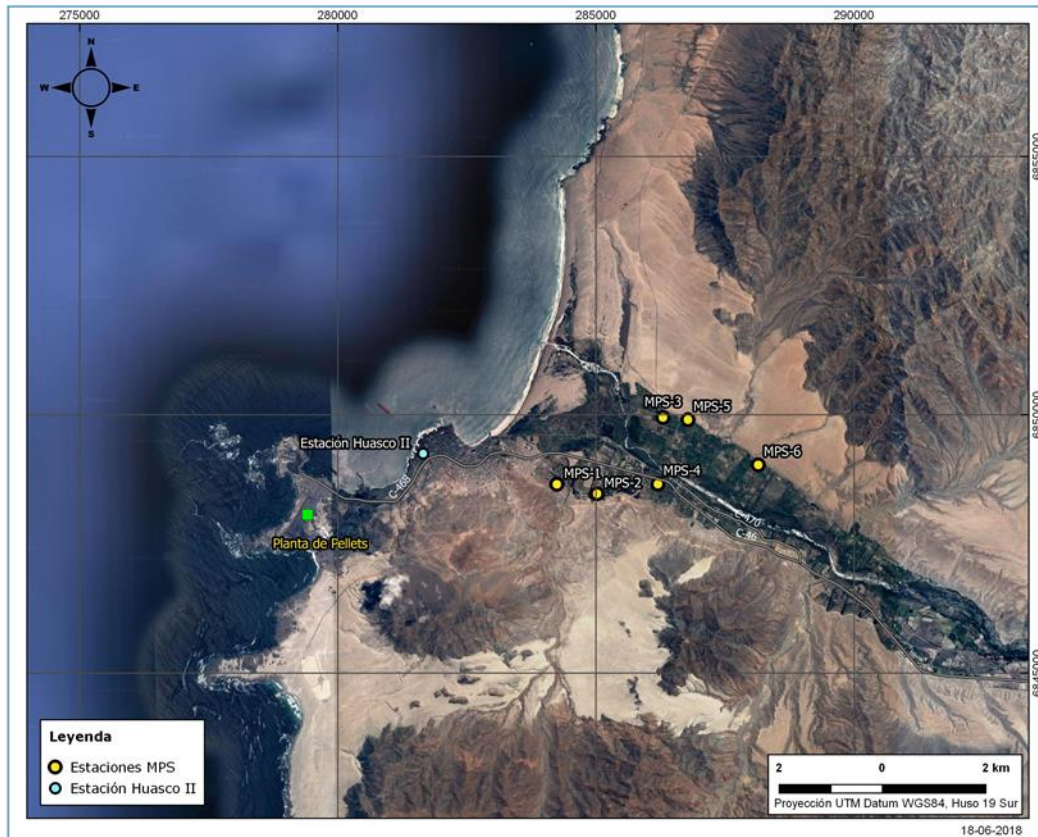


Tabla 5-109. Receptores discretos

Receptores Discretos	X	Y
Estación N 1	284.245	6.848.655
Estación N 2	285.019	6.848.475
Estación N 3	286.302	6.849.951
Estación N 4	286.202	6.848.668
Estación N 5	286.794	6.849.868
Estación N 6	288.108	6.849.004

Fuente: Elaboración propia

Los aportes modelados a la calidad del aire, en los receptores señalados, considerando la erosión de preconcentrado provocado por la limpieza infrecuente de la línea férrea, se presentan a continuación en Tabla 5-110.

Tabla 5-110. Aportes a línea de Base MPS Hecho N°8

Receptor	MPS Promedio Mensual (mg/m ² /día)	MPS Promedio Anual (mg/m ² /día)
Estación N 1	10,4	3,0
Estación N 2	2,0	0,9
Estación N 3	0,7	0,2
Estación N 4	19,5	16,5
Estación N 5	0,3	0,1
Estación N 6	0,3	0,1

Fuente: Elaboración propia

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presentan a continuación:

Tabla 5-111. Aportes M10, Hecho N°8

Receptor	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 Promedio Diario P98 (µg/m ³)	MP10 Promedio Anual (µg/m ³)	MP10 Promedio Diario P98 (µg/m ³)
Población Huasco II	0,82	2,21	1,6%	1,5%

Fuente: Elaboración propia

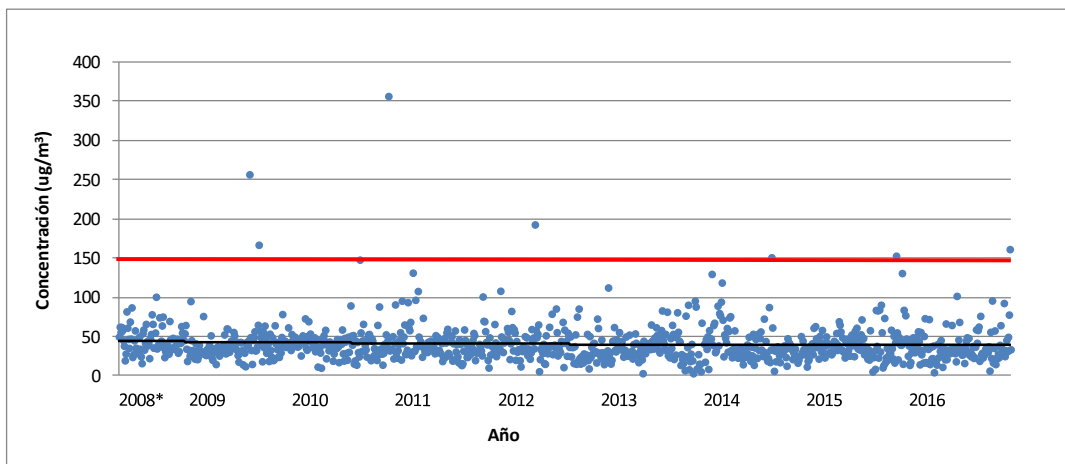
Análisis de los efectos observados

El efecto provocado debido a la no implementación o ejecución parcial de las medidas orientadas a disminuir los potenciales derrames está relacionado con la emisión de material particulado, MP10 y MP2,5 pero principalmente material sedimentable MPS, a la atmosfera el cual fue estimado en 159,04 (t/año), provocando un aumento de la tasa sedimentación del MPS en el área circundante a la línea férrea.

Fracción Respirable

En relación con el material particulado MP10 y MP2,5 durante el 2013 al 2016, periodo durante el cual se desarrollaron las infracciones, han presentado un descenso de las concentraciones como se puede advertir en las siguientes figuras.

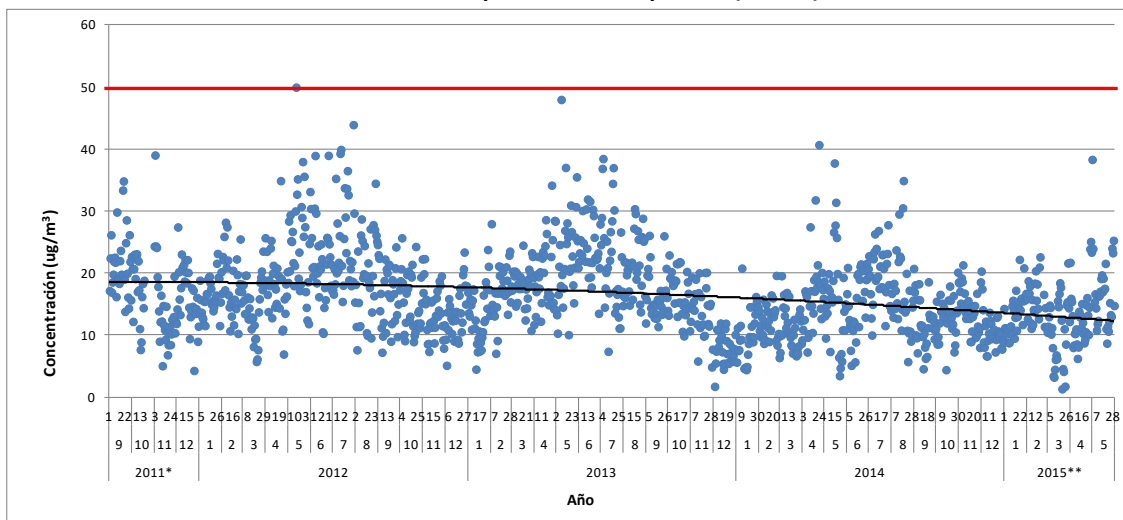
Figura 5-117. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

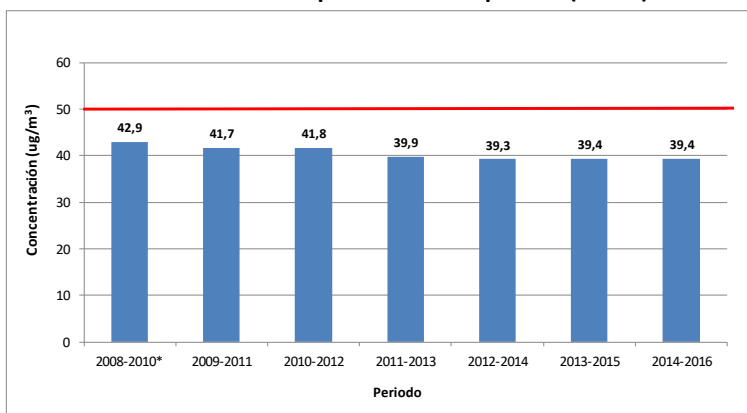
Figura 5-118. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El Promedio trianual para MP10 es de $39,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa un 78,8% del valor normado, en tanto para el MP2,5 el promedio es de $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 76% de la norma.

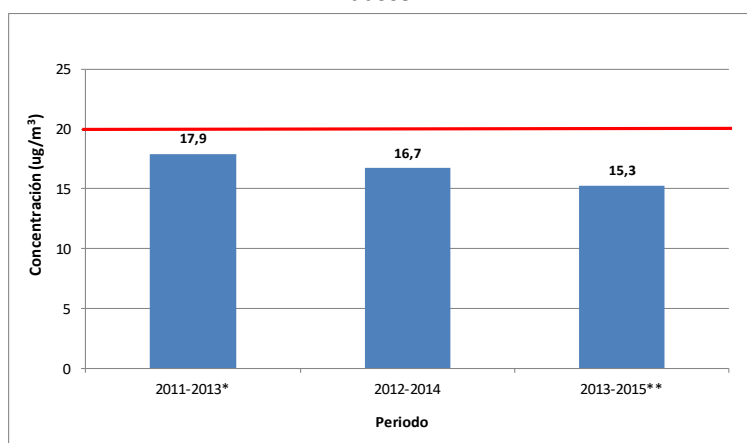
Figura 5-119. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

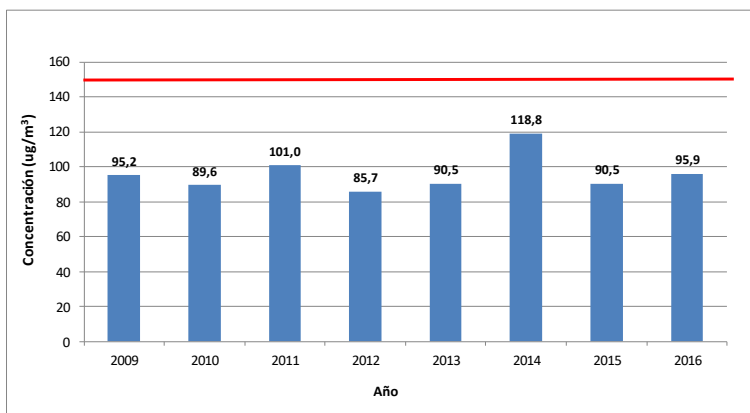
Figura 5-120. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El promedio diario de MP10 para los años 2009 a 2016 se presenta Figura 5-121, donde para el periodo de infracción el promedio de las concentraciones diarias en percentil 98 es de 101,7 µg/m³, lo cual representa un 67% de la norma, variando de 118,8 µg/m³ el 2014 a 95,9 µg/m³ el 2016. A continuación, se presenta el promedio diario de MP10 y MP2,5 respectivamente.

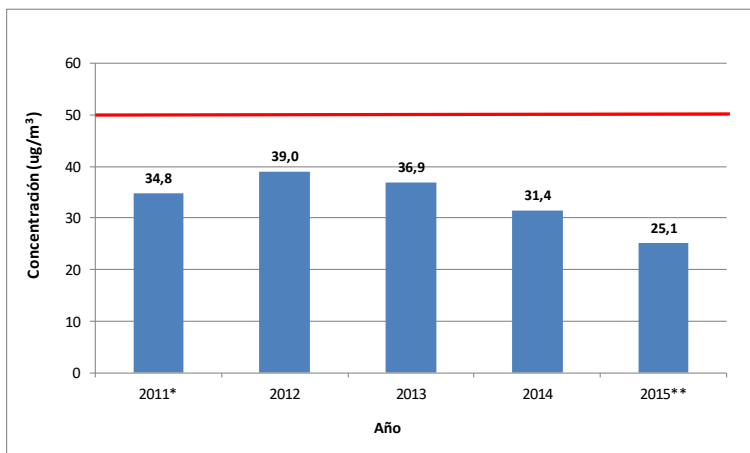
Figura 5-121. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

A diferencia del MP10, el MP2,5 ha presentado un descenso del percentil 98 de las concentraciones promedio diario. Para el año 2014, último año completo disponible, el valor del percentil 98 es de 31,4 µg/m³ lo que representa el 63% del valor normado.

Figura 5-122. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Considerando la evolución y los registros de MP10 y MP2,5 en estación Población Huasco II, se observa un aumento de las concentraciones de MP10, para el año 2014 el aumento es de 12%, en tanto para los años 2015 y 2016 el aumento está en torno a un 6% de los valores registrados antes de las infracciones. Distinto escenario se observa en el MP2,5 el cual no presenta un aumento significativo, esto debido a que el preconcentrado trasladado presenta bajo contenido de partículas menores a 2,5 µ.

Los aportes modelados de MP10 a la línea de base se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5-112. Aportes M10, Hecho N°7

Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,82	2,21	1,6%	1,5%

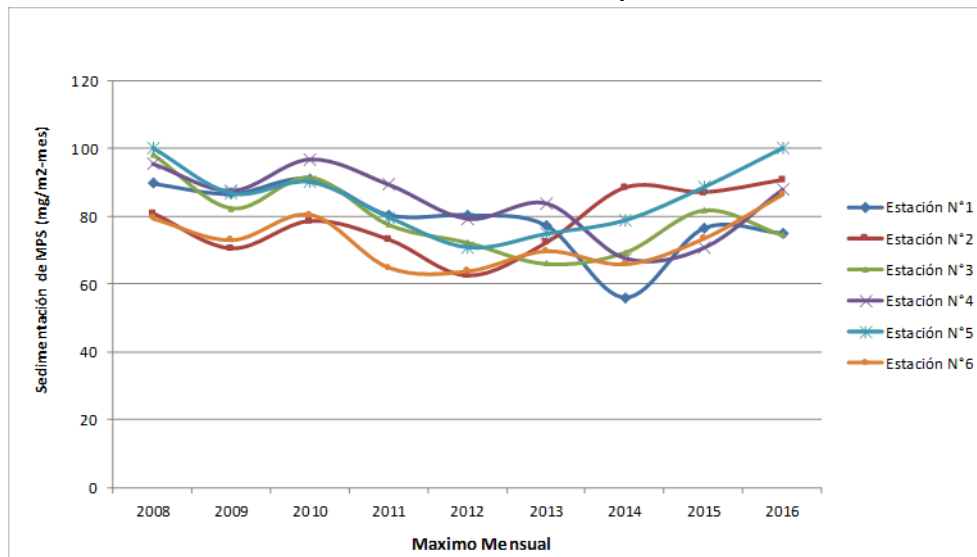
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el monitoreo, se puede advertir que el aporte de particulado respirable no logro modificar la condición de la calidad del aire, la cual se mantiene por debajo de la condición latencia según el cuerpo normativo (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Fracción Gruesa

El siguiente gráfico presenta la evolución de la tasa de sedimentación anual de MPS en las seis estaciones existentes en el valle, donde en general desde el año 2008 al año 2014, la deposición de MPS promedio anual disminuyo del orden de un 20%. Luego desde el año 2014 a la fecha se ha presentado un aumento cercano al 20%, por lo que prácticamente se ha vuelto a los niveles de concentración del año 2008.

Figura 5-123. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones

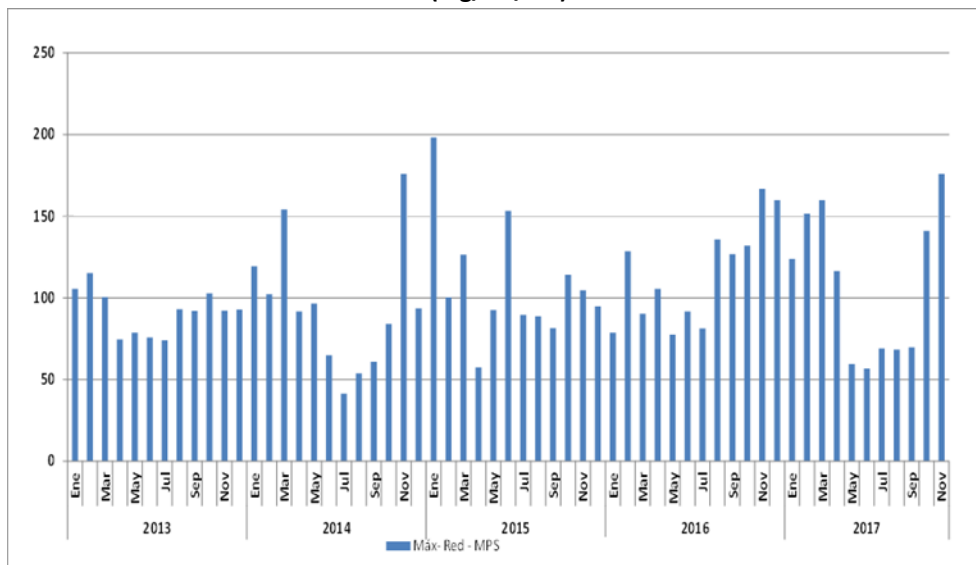


2017*: Año sin Mes de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-124 se presentan las tasas de sedimentación máxima mensual para los años 2013 a 2017, donde se puede observar un aumento de las a contar del año 2013.

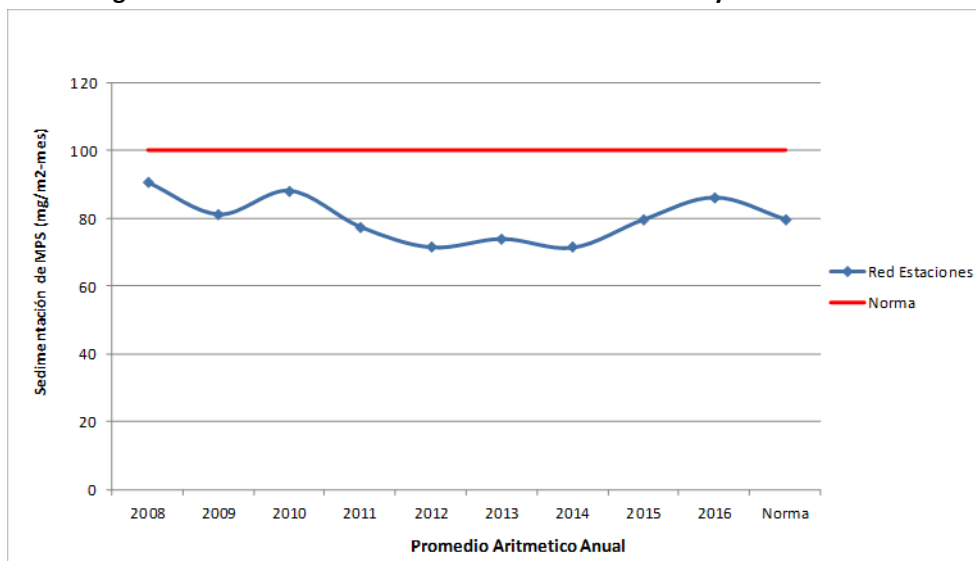
Figura 5-124. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones (mg/m²/día)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a cumplimiento normativo en Figura 5-125, se presenta los promedios anuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que la norma anual no fue superada en el periodo de analizado.

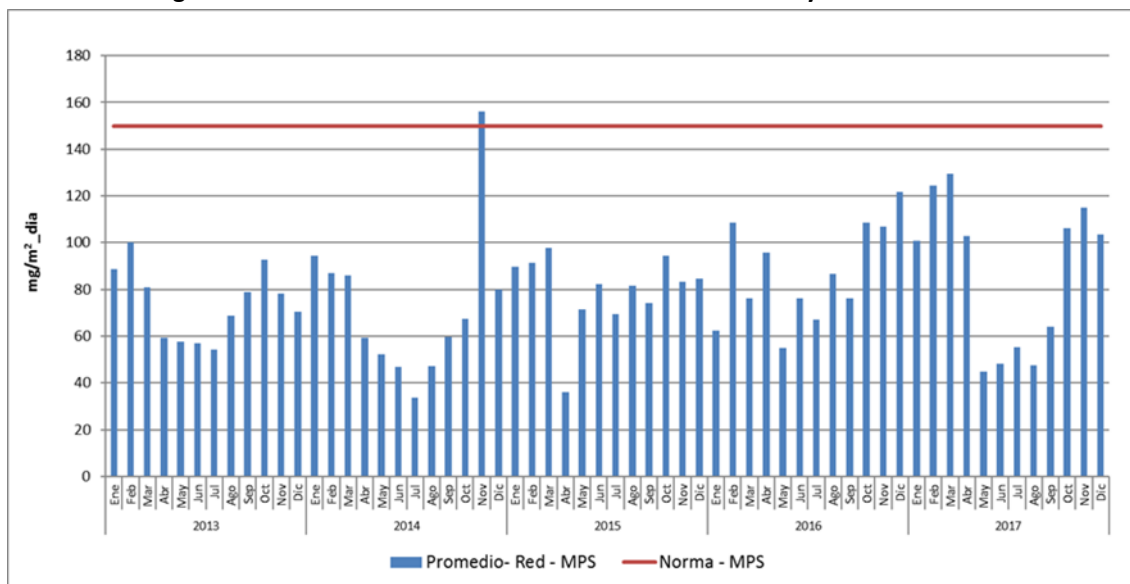
Figura 5-125. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

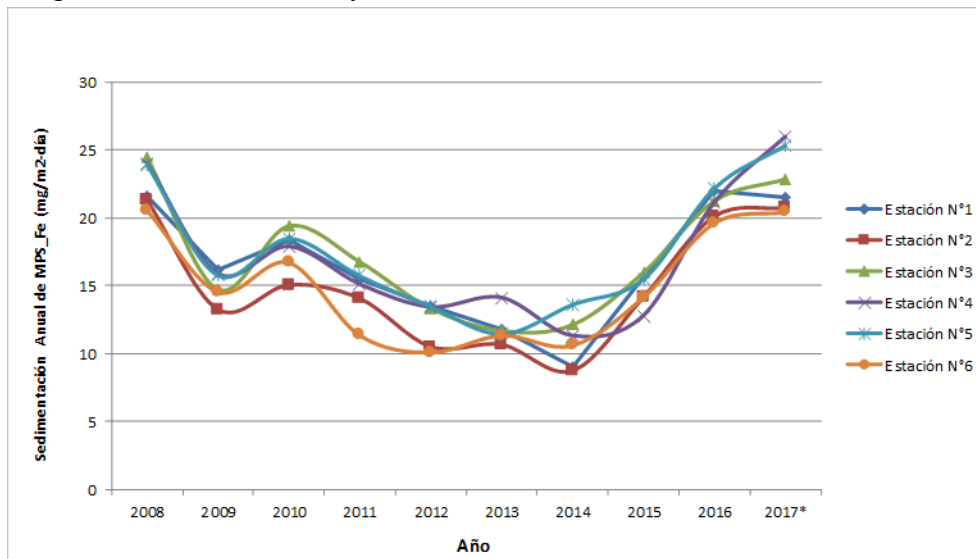
En cuanto al promedio mensual, en Figura 5-126 se presenta los promedios mensuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que se presentó una superación de la norma en el mes de noviembre de 2014.

Figura 5-126. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



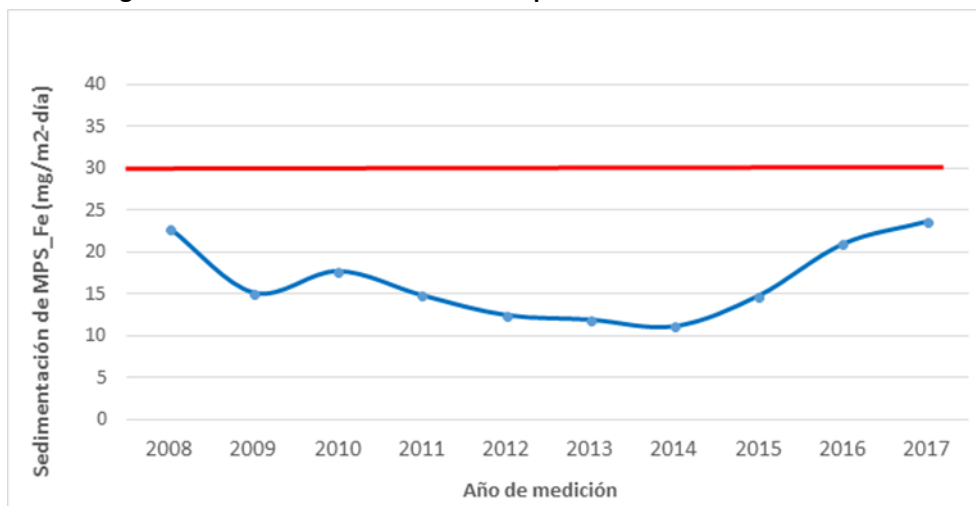
En cuanto al contenido de hierro en el MPS, en Figura 5-127, se presentan los valores medidos en las estaciones N°1 a N°6, en donde al igual que el MPS desde el año 2008 a 2014 se presenta una disminución en el hierro del MPS, luego desde el 2014 se presenta un aumento hasta el 2017. En todo el periodo no se supera el valor normado de 30 (mg/m²/d) según D.S. N° 4/92.

Figura 5-127. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones



Fuente: Elaboración propia

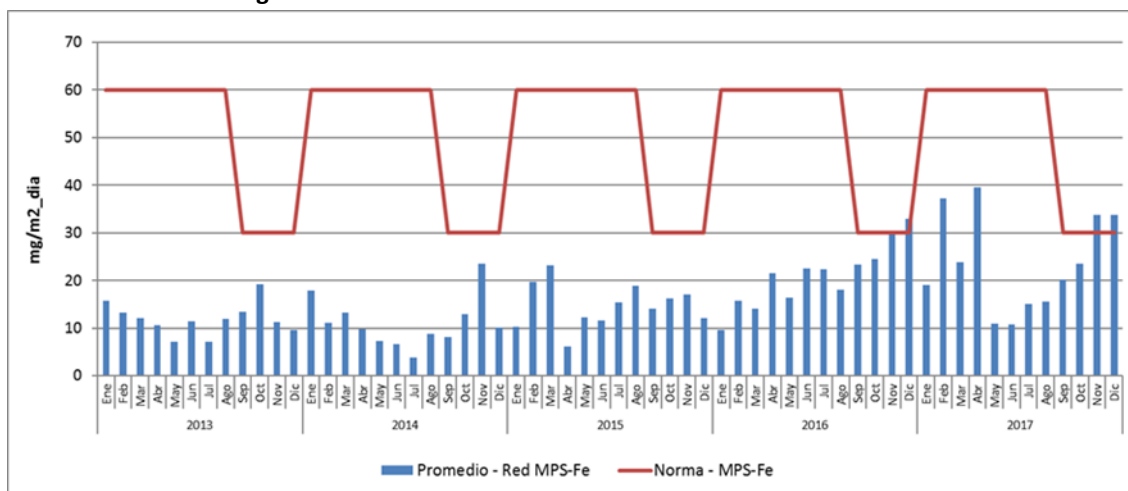
Figura 5-128. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-129, se presenta el porcentaje de Hierro en el MPS promedio mensual de las estaciones del Valle, para periodo de 2014 a 2017. Las excedencias a la norma se concentran preferentemente en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017.

Figura 5-129. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la relación del aporte calculado y los valores registrados en las estaciones, debido a que las infracciones señaladas se presentan en el periodo entre el año 2013 hasta el año 2016, se compararán los resultados de la modelación realizada, con los máximos valores del promedio mensual y anual de cada

estación. En Tabla 5-113 se presenta el aporte porcentual a los promedios registrados, donde las estaciones N1, N2 y N4 son las estaciones donde se presenta los mayores aportes.

Tabla 5-113. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS (2014 a 2017).

Receptor	MPS Medido Promedio (Max) (mg/ (m² día))		MPS Modelado Promedio (Max) (mg/ (m² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	198	77	7,3	4,8	3,7%	6,2%
Estación N° 2	154	91	1,4	1,0	0,9%	1,1%
Estación N° 3	153	82	0,4	0,3	0,3%	0,4%
Estación N° 4	138	104	15,6	13,7	11,3%	13,2%
Estación N° 5	198	100	0,2	0,1	0,1%	0,1%
Estación N° 6	169	87	0,1	0,1	0,1%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el % hierro en el preconcentrado es de 64%, en Tabla 5-114 a continuación, se presenta el aporte al hierro en el MPS en cada estación.

En estación N°1 el aporte de Fe en MPS modelado, es del orden del 16,0% y 13,9% para las normas mensual y anual respectivamente. La Estación N°4 presenta aportes de 21,4% y 33,8% y en Estación N°2 los aportes son de 2,8% y 3,1 % para norma mensual y anual.

Tabla 5-114. Porcentaje de Aportes a línea de Base MPS_Fe (2014 a 2017).

Receptor	Fe en MPS Medido Promedio (Max) (mg/ (m² día))		Fe en MPS Modelado Promedio (Max) (mg/ (m² día))		% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
	Mensual	Anual	Mensual	Anual		
Estación N° 1	29,2	22,0	4,7	3,1	16,0%	13,9%
Estación N° 2	31,7	20,8	0,9	0,6	2,8%	3,1%
Estación N° 3	38,3	22,8	0,3	0,2	0,7%	0,9%
Estación N° 4	46,7	26,0	10,0	8,8	21,4%	33,8%
Estación N° 5	48,5	48,5	0,1	0,1	0,3%	0,2%
Estación N° 6	37,2	20,4	0,1	0,1	0,2%	0,5%

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.5 Conclusión

Determinado el aporte de material particulado fino y el análisis de la línea de base respecto al MP10 y MP2,5, se puede concluir que el efecto producido por la erosión del viento provocada en la línea férrea es un aumento de la concentración del material respirable MP10 por sobre lo evaluado ambientalmente en las RCA 215 y 246. El cual no representó un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modificó la condición establecida por las normas primarias (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Para el Material Particulado Sedimentable (MPS) y el Hierro (fe en MPS), la línea de base presenta superación de ambas normas (D.S. N.º 4/92), concentrándose en los años 2014 a 2016, periodo en el cual se presentaron las infracciones analizadas. Con la modelación realizada se pudo determinar un aporte al promedio mensual y anual de MPS del orden del 11,3% y 13,1% respectivamente, donde en las estaciones N°1, N°2 y N°4, más cercanas a la vía férrea, se presenta mayor aporte. En cuanto al Hierro en el MPS, éste supero la norma establecida en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017, para este caso el aporte calculado es cercano al 33,8% del valor medido de promedio mensual. Se puede concluir que existe un aumento de la sedimentación dentro de las estaciones evaluadas, las cuales presentaron superación de la norma en los años 2014, 2016 2017.

La Norma D Ex N°4/92 tiene por objeto la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables en el valle del Rio Huasco. De acuerdo con lo señalado en el Hecho N°2, donde se destaca que, según lo demostrado en investigaciones desarrolladas por la Universidad de Chile en la década del 90, en conjunto con el INIA, la situación deficiente de los huertos y consecuentemente su productividad, tenían como factores predominantes el riego, fertilización, malezas, poda y cosecha (Cooper et al. 2001). Sumado a lo anterior destaca que, si bien se superó la norma de MPS, esta fue una situación aislada durante el periodo, y por lo general no se superó el 80% del valor de la norma D Ex N°4/92.

Los aportes de material particulado a cada estación se resumen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 5-110. Aportes estimados a MPS Hecho N°8

Receptor	% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
Estación N° 1	3,7%	6,2%
Estación N° 2	0,9%	1,1%
Estación N° 3	0,3%	0,4%
Estación N° 4	11,3%	13,2%
Estación N° 5	0,1%	0,1%
Estación N° 6	0,1%	0,2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-111. Aportes MP10, Hecho N°8

Receptor	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Población Huasco II	0,82	2,21	1,6%	1,5%

Fuente: Elaboración propia

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: “Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias”), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°8 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto la “Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017”

5.3.3 HECHO 10:

Se efectuó transporte de preconcentrado de hierro mediante camiones, directamente desde mina Los Colorados hasta la Planta de Pellets, lo que no se encontraba autorizado ambientalmente. Tal acción se extendió durante todo el período comprendido entre enero de 2013 y hasta marzo de 2015, exceptuándose únicamente los meses de febrero, noviembre y octubre de 2014.

5.3.3.1 Descripción del Hecho

Se efectuó transporte de preconcentrado de hierro mediante camiones, directamente desde la Mina Los Colorados hasta la Planta de Pellets, sin contar con autorización ambiental para aquello. Esta actividad generó emisión de material particulado producto de la resuspensión por el tránsito de vehículos además de la erosión por el transporte con la carga sin cobertura. Esta emisión no fue evaluada en RCA 215/10 o en RCA246/10. Debido a esto, esta actividad es susceptible de generar efectos no evaluados sobre el medio ambiente.

5.3.3.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y RCA 2015/2015 que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

RCA246/2010

Considerando 4.2.1.2 Sector Vía Férrea: Los productos de la Mina son transportados a la Planta Pellets de Huasco mediante ferrocarril.

5.3.3.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

Estimar, en términos de emisiones y aportes en calidad del aire, los efectos asociados a las infracciones que se imputan a Compañía Minera del Pacífico

5.3.3.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cuantificación de Aportes

A continuación, se presenta la cuantificación de aportes en términos de emisiones y de aportes en calidad del aire, mediante modelación de dispersión de estas emisiones. Las emisiones estimadas, corresponden a las emisiones no analizadas en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire.

Metodología

El transporte de concentrado en camiones según los hechos constatados generara emisiones debido a la resuspensión de material particulado existente en la vía, sumado a esto, se encuentra que las tolvas se encuentran cubiertas de manera parcial. Esto nos deja en un escenario donde se consideran los flujos registrados durante el periodo 2013 a 2015, sumado además a que todos los transportes no presentan la carga cubierta.

La metodología de estimación de emisiones para la resuspensión por tránsito en caminos corresponde a la indicada en el documento AP42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42: Chapter 13, Section 13.2.2 “paved Roads” e Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental.

$$FE = k * 0,91 * (sL)^{0,91} * (W)^{1,02}$$

Donde

K: Factor según tamaño de partícula

k = 3,23 (para MP30)

W: Peso promedio de la flota que circula por las vías (t)

sL: Carga de fino de la superficie (g/m²)

Fe: Factor de Emisión (lb/yd²/hora)

En tanto para la emisión por camiones con carga abierta, para el cálculo se utilizará la metodología descrita en Western Regional Air Partnership (WRAP), "Fugitive Dust Handbook", septiembre 2006 de acuerdo a el Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental.

$$FE = k * (0.0000814) * u$$

Donde

u: suma de la velocidad del viento y velocidad del vehículo (mph).

Fe: Factor de Emisión (kg/m²/hora)

K= 0,198 MP30

K= 0.089 MP10

K= 0.068 MP2,5

Estimación de Emisiones

Los viajes realizados en el periodo de 2013 a 2015 se presentan a continuación.

Tabla 5-115. Viajes por Año

N° Viajes	2013	2014	2015
	2.961	9.906	2.732

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de las emisiones producto del tránsito en caminos pavimentados se consideran los orígenes y destinos entre Mina Los Colorados y Planta de Pellets.

Para el cálculo del peso promedio de la flota, se utilizó la información de flujo vial existente en el censo de vialidad, considerando lo aforado en Ruta C-46, el número de vehículos se presentan en la Tabla 5-116.

Tabla 5-116. Volumen de Transito año 2015

Estación De Control	Camino	Rol	Autos Station	Camionetas	Camiones 2 ejes	Camiones Mas 2 ejes	Semi Remolques	Remolques	Locomoción Colectiva	Total 24 Horas
03-046-02-1	VALLENAR - HUASCO	C-46	2194	1.440	282	216	104	1	531	4.768
03-046-02-2	HUASCO	C-46	1349	1.082	298	66	57	3	595	3.450

Fuente: MOP Vialidad

El peso considerado por cada vehículo se presenta a continuación en Tabla 5-117.

Tabla 5-117. Viajes por Año

Tipo de Vehículo	Peso Prom (w)
Autos	2
Camionetas	2
Camiones 2 ejes	10
Camiones +2	20
Semi remolque	20
Remolques	20
Locomoción colectiva	7,5

Fuente: Elaboración propia

El peso promedio por considerar es 5,7 ton, en cuanto al parámetro de contenido de silt (sL) para la ruta C-440 se utilizará 0,6¹¹⁶ (g/m²) que corresponde al de un flujo vehicular hasta 500 vehículos al día, en tanto para la Ruta 5 y C46 se utilizará 0,2¹¹⁷ (g/m²) que corresponde al de un flujo vehicular entre 500 y 5.000 vehículos al día.

Las emisiones calculadas producto del tránsito de vehículos se presentan en Tabla 5-118.

116 Valor por defecto indicado en la "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental"

117 Valor por defecto indicado en la "Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental"

Tabla 5-118. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas).

Año	Ruta	Longitud (km)	Viajes Totales ⁽¹⁾	Distancia Total de Viaje (km)	s	W (t)	Emisión (toneladas)		
							MP30	MP10	MP2,5
2013	Mina Los Colorado Acceso Ruta 5 (C-440)	19,2	5.922	113.702	0,6	5,7	1,38	0,28	0.08
	Acceso Ruta 5 a Planta Pellets (C-46)	70,8	5.922	419.278	0,2	5,7	1,91	0,42	0.15
Total							3,29	0,69	0,23
2014	Mina Los Colorado Acceso Ruta 5 (C-440)	19,2	19.812	380.390	0,6	5,7	4,60	0,92	0.26
	Acceso Ruta 5 a Planta Pellets (C-46)	70,8	19.812	1.402.690	0,2	5,7	6,40	1,40	0.50
Total							11,00	2,32	0,75
2015	Mina Los Colorado Acceso Ruta 5 (C-440)	19,2	5.464	104.909	0,6	5,7	1,27	0,25	0.07
	Acceso Ruta 5 a Planta Pellets (C-46)	70,8	5.464	386.851	0,2	5,7	1,76	0,39	0.14
Total							3,03	0,64	0,21

(1): Considera Viajes ida y Vuelta

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones calculadas producto del tránsito de camiones sin carga cubierta se presentan a continuación en Tabla 5-119.

Tabla 5-119. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas).

Año	Ruta	Longitud (km)	Viajes Totales ⁽¹⁾	Tiempo (hrs)	Fe	U (mph)	Sup	Emisión (toneladas)		
								MP30	MP10	MP2,5
2013	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	2.732	1,8	8,137E-05	85,9	22	0,150	0,067	0,051
2014	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	9.906	1,8	8,137E-05	85,9	22	0,543	0,244	0,187
2015	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	2.961	1,8	8,137E-05	85,9	22	0,162	0,073	0,056
Total								0,855	0,384	0,294

(1): Considera Viajes ida

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las emisiones totales producto de los hechos considerados se presentan en Tabla 5-120.

Tabla 5-120. Emisiones Totales transporte de preconcentrado (t).

Año	Ruta	Longitud (km)	Viajes Totales ⁽¹⁾	Emisión (toneladas)		
				MP30	MP10	MP2,5
2013	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	2.732	3,44	0,76	0,28
2014	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	9.906	11,54	2,57	0,94
2015	Mina Los Colorado - Planta Pellet	90	2.961	3,20	0,71	0,26

La Ruta 5 y C-46 son vías troncales, que de acuerdo con vialidad presentan un TMDA de 3.420 vehículos, este flujo vehicular genera una emisión estimada en 149 toneladas, presentado en Tabla 5-121.

Tabla 5-121. Emisiones Resuspensión por Tránsito de Vehículos (toneladas) Ruta C-46.

Año	Ruta	Longitud (km) ⁽¹⁾	Viajes Totales	Distancia Total de Viaje (km)	s	W (t)	Emisión (toneladas)		
							MP30	MP10	MP2,5
2015	Vallenar – Huasco (C-46)	141	1,248,300	176,759,280	0,6	5,7	779,0	149,5	36,2

(1): Considera Viajes ida y Vuelta

Fuente: Elaboración propia

Modelación de dispersión de emisiones

Utilizado el modelo de dispersión CALPUFF se procedió a determinar la dispersión del material particulado MP30 y MP10 emitido utilizando para ello los siguientes receptores discretos, a las estaciones de monitoreo tanto de MP10 y MPS, se incluye sectores poblados para calcular el aporte realizado.

Tabla 5-122. Receptores Discretos

Receptores Discretos	X	Y
Población Huasco II	281.593	6.849.068
Estación N 1	284.245	6.848.655
Estación N 2	285.019	6.848.475
Estación N 3	286.302	6.849.951
Estación N 4	286.202	6.848.668
Estación N 5	286.794	6.849.868
Estación N 6	288.108	6.849.004
Freirina	296.578	6.844.705
Maitencillo	311.337	6.842.842
Vallenar	327.709	6.837.833

Fuente: Elaboración propia

La ubicación de cada receptor considerado se presenta a continuación en Figura 5-130.

Figura 5-130. Ubicación de Receptores



Los aportes modelados a la calidad del aire, en los receptores señalados, considerando el peor escenario anual (año 2014), se presentan a continuación en Tabla 5-123.

Tabla 5-123. Aportes totales a línea de Base, Transito en Camino pavimentado (año 2014).

Receptores Discretos	MP10		MP2,5		MPS	
	Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{día}$)	Promedio Diario ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{día}$)
Población Huasco II	0,0441	0,1142	0,0107	0,0277	0,0041	0,0061
Estación N 1	0,0353	0,0901	0,0086	0,0219	0,0015	0,0023
Estación N 2	0,0504	0,1130	0,0122	0,0274	0,0036	0,0041
Estación N 3	0,0078	0,0168	0,0019	0,0041	0,0002	0,0003
Estación N 4	0,0609	0,1363	0,0148	0,0330	0,0031	0,0035
Estación N 5	0,0072	0,0143	0,0017	0,0035	0,0001	0,0002
Estación N 6	0,0071	0,0137	0,0017	0,0033	0,0001	0,0001
Freirina	0,0133	0,0240	0,0032	0,0058	0,0002	0,0002
Maitencillo	0,0438	0,0892	0,0106	0,0216	0,0020	0,0026
Vallenar	0,0055	0,0109	0,0013	0,0026	0,0002	0,0002

Fuente: Elaboración propia

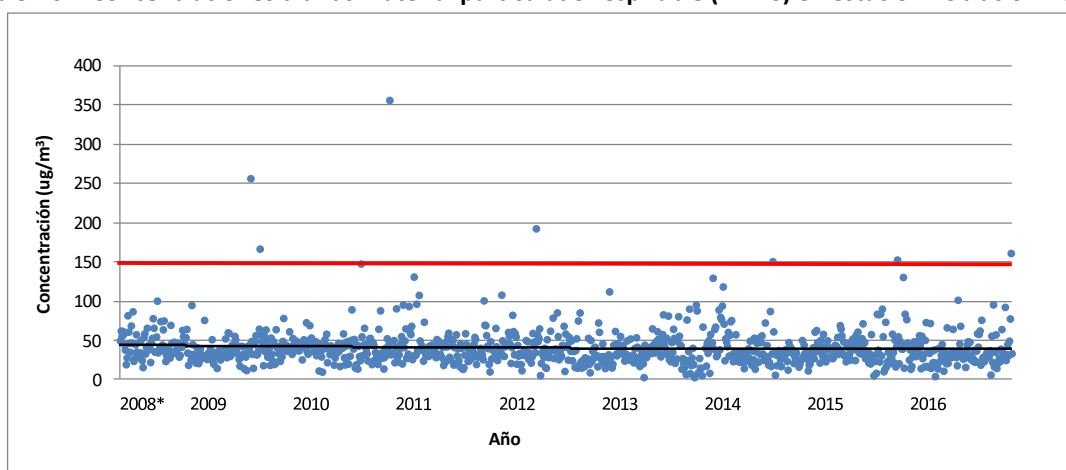
5.3.3.5 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Análisis de los efectos observados

Fracción Respirable

En relación con el material particulado MP10 y MP2,5 durante el 2013 al 2015, periodo durante el cual se desarrollaron las infracciones, has presentado un descenso de las concentraciones como se puede advertir en las siguientes graficas.

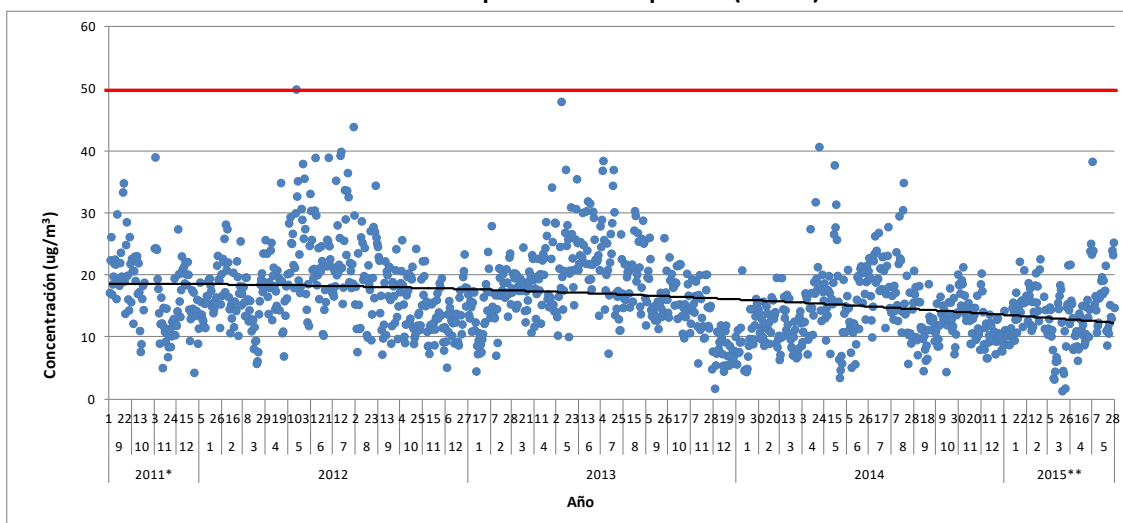
Figura 5-131. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

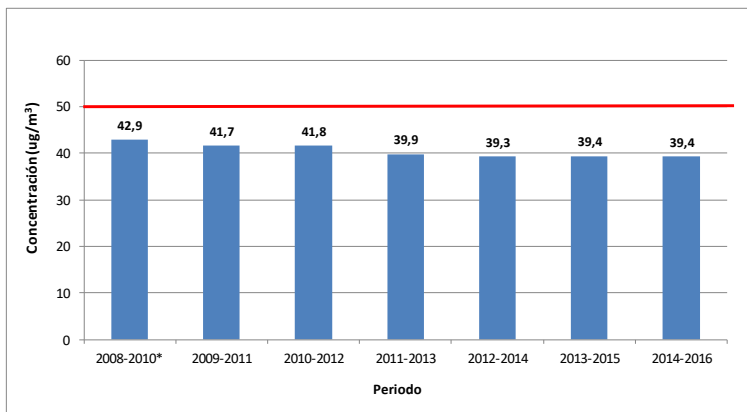
Figura 5-132. Concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El Promedio trianual para MP10 es de $39,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que representa un 78,8% del valor normado, en tanto para el MP2,5 el promedio es de $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 76% de la norma.

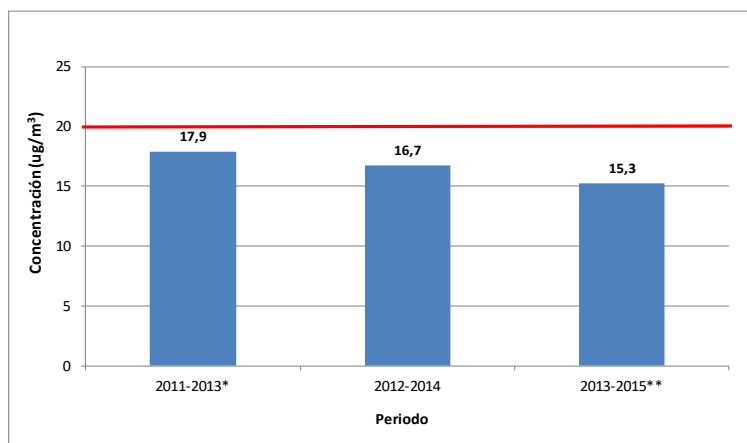
Figura 5-133. Concentraciones trianuales material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



*mediciones se inician en mayo 2008

Fuente: Elaboración propia

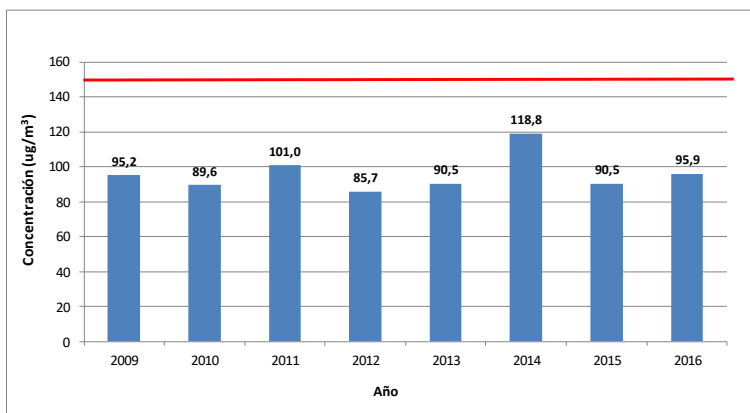
Figura 5-134. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2,5) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

El promedio diario de MP10 para los años 2009 a 2016 se presenta Figura 5-135, donde para el periodo de infracción el promedio de las concentraciones diarias en percentil 98 es de $101,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual representa un 67% de la norma, variando de $118,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 2014 a $95,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 2016. A continuación, se presenta el promedio diario de MP10 y MP2,5 respectivamente.

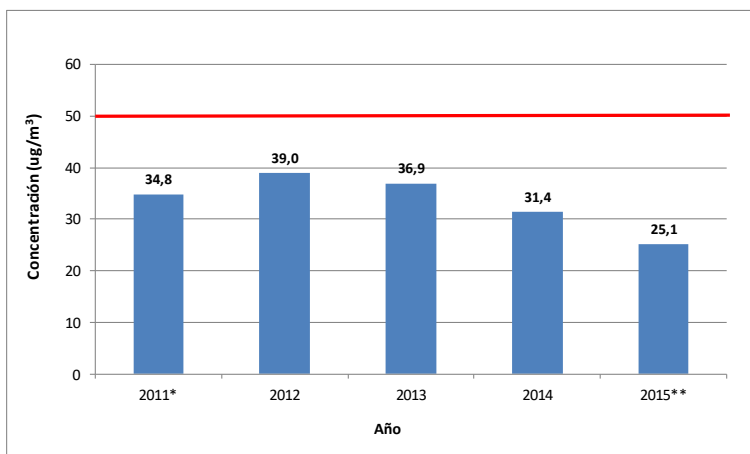
Figura 5-135. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP10) en estación Población Huasco II



Fuente: Elaboración propia

A diferencia del MP10, el MP2,5 ha presentado un descenso del percentil 98 de las concentraciones promedio diario. Para el año 2014, último año completo disponible, el valor del percentil 98 es de 31,4 µg/m³ lo que representa el 63% del valor normado.

Figura 5-136. Percentil 98 concentraciones diarias material particulado respirable (MP2.5) en estación Población Huasco II



En Tabla 5-124, se presenta los aportes modelado a la línea de base de MP10, donde los valores modelados para el promedio anual y Diario no supera el 0,1%. Cabe destacar que la línea de base de MP10 a diferencia del MP2,5 presenta registros hasta el 2016 periodo en el cual se presentaron las infracciones. Por lo tanto, los valores registrados incorporan las emisiones producto de la infracción analizada.

Tabla 5-124. Aportes a línea de Base MP10, Estación P. Huasco II

Receptores Discretos	MP10	
	Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Aporte Población Huasco II (modelado)	0,0441	0,1142
Población Huasco II (medido)	39,4	95,9
Aporte %	0,1%	0,1%

Fuente: Elaboración propia

En los centros poblados de Freirina, Maitencillo y Vallenar, los aportes respecto a la norma no superan el 0,09% en el promedio anual y el 0,06% para el promedio diario.

Tabla 5-125. Aportes a línea de Base MP10, Centros Poblados

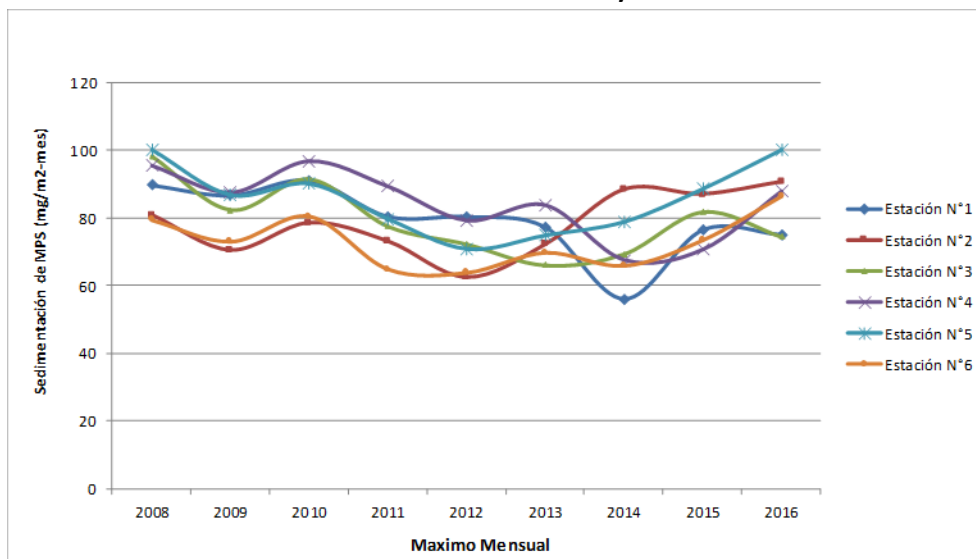
Receptores Discretos	MP10	
	Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Diario P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Freirina	0,03%	0,02%
Maitencillo	0,09%	0,06%
Vallenar	0,01%	0,01%

Fuente: Elaboración propia

Fracción Gruesa

El siguiente gráfico presenta la evolución de la tasa de sedimentación anual de MPS en las seis estaciones existentes en el valle, donde en general desde el año 2008 al año 2014, la deposición de MPS promedio anual disminuyó del orden de un 20%. Luego desde el año 2014 a la fecha se ha presentado un aumento cercano al 20%, por lo que prácticamente se ha vuelto a los niveles de concentración del año 2008.

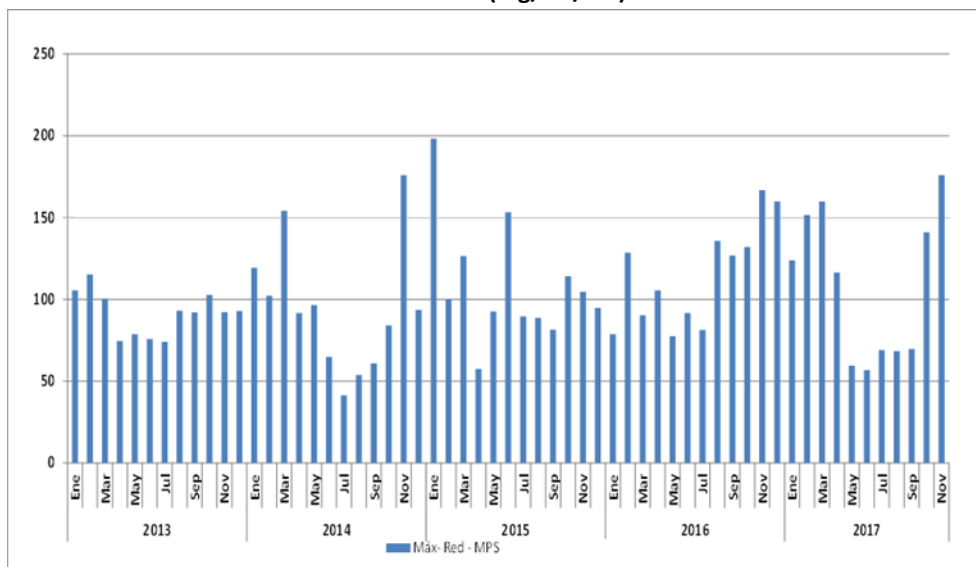
Figura 5-137. Sedimentación anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016 – Todas las estaciones



2017*: Año sin Mes de diciembre.
Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-138 se presenta la sedimentación máxima para los años 2013 a 2017, donde se puede observar un aumento de las a contar del año 2013.

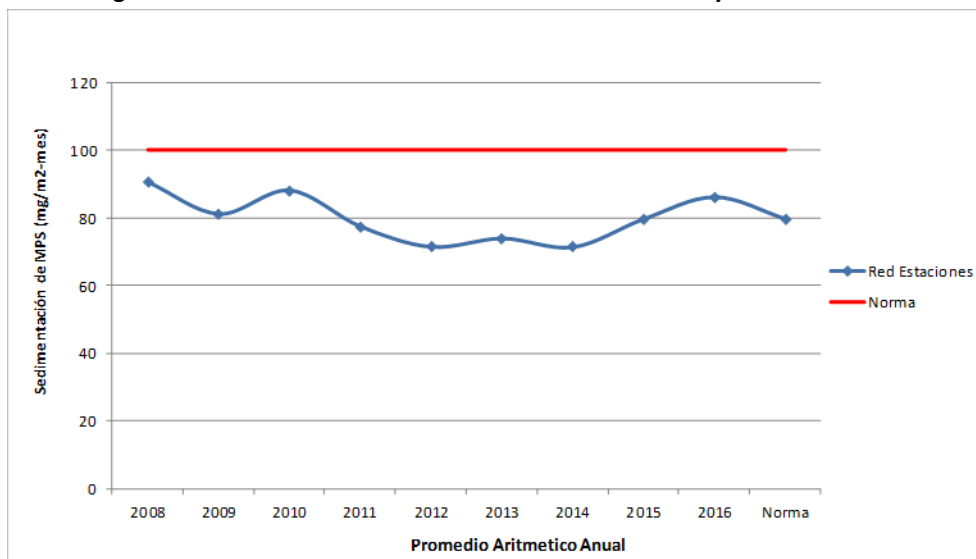
Figura 5-138. Sedimentación Mensual Máxima de MPS entre enero 2013 y diciembre 2017 – Todas las estaciones(mg/m²/día)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al cumplimiento normativo, en Figura 5-139 se presenta los promedios anuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que la norma anual no fue superada en el periodo de analizado.

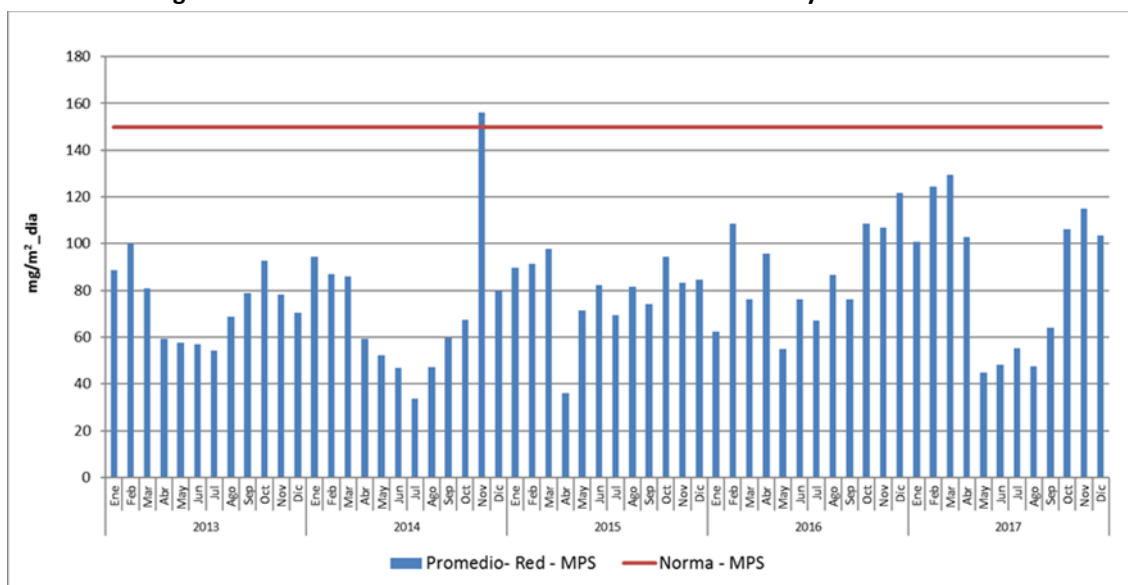
Figura 5-139. Promedio anual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al promedio mensual en Figura 5-140, se presenta los promedios mensuales para los años 2015 a 2017, en ella se observa que se presentó una superación de la norma en el mes de noviembre de 2014.

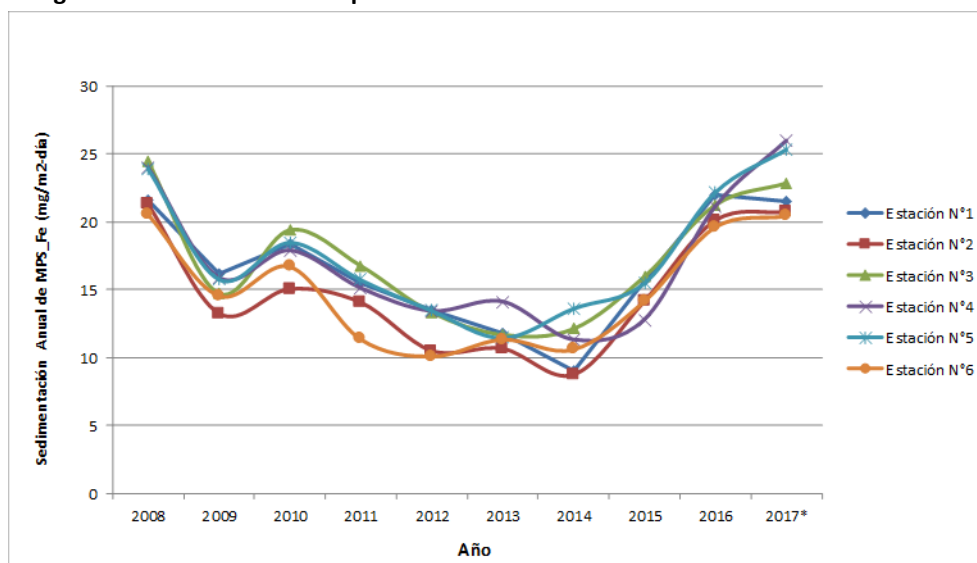
Figura 5-140. Promedio mensual de MPS entre enero 2008 y diciembre 2016



Fuente: Elaboración propia

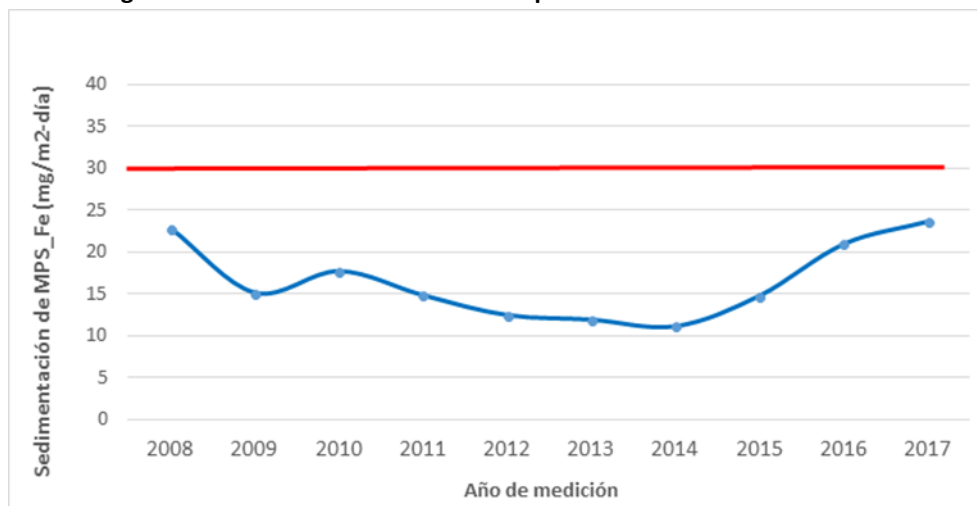
En cuanto al contenido de hierro en el MPS, en la tabla a continuación se presenta los valores medidos en las estaciones N°1 a N°6, en donde al igual que el MPS desde el año 2008 a 2014 se presenta una disminución en el hierro del MPS, luego desde el 2014 se presenta un aumento hasta el 2017. En todo el periodo no se supera el valor normado de 30 (mg/m²/d) según D.S. N° 4/92.

Figura 5-141. Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017 – Todas las estaciones



Fuente: Elaboración propia

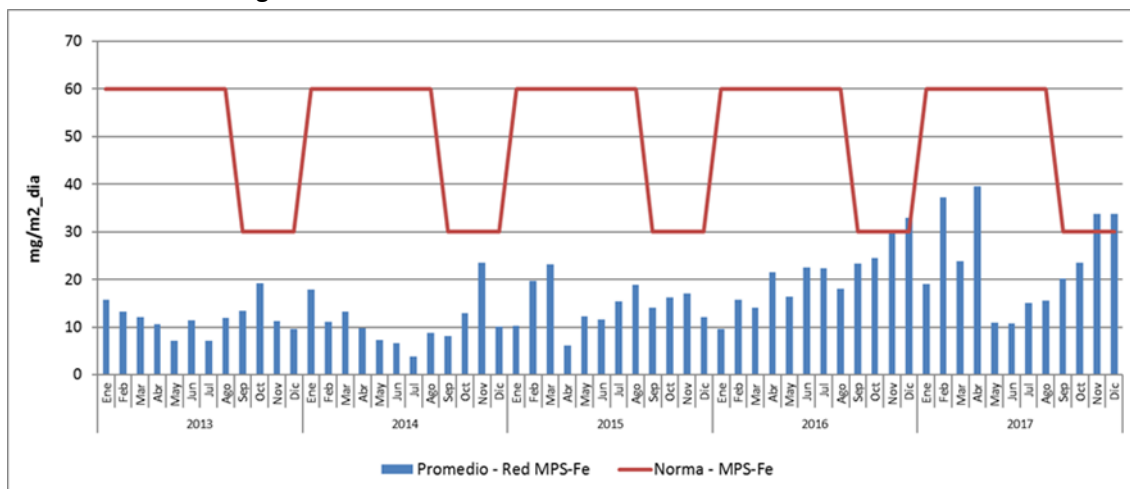
Figura 5-142. Norma de Hierro en MPS promedio anual año 2008 a 2017



Fuente: Elaboración propia

En Figura 5-143, se presenta el porcentaje de Hierro en el MPS promedio mensual de las estaciones del Valle, para periodo de 2014 a 2017. Las excedencias a la norma se concentran preferentemente en los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y 2017.

Figura 5-143. Fe en MPS. Promedio mensual año 2013 a 2017



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las modelaciones realizadas, los aportes resultantes se presentan en Tabla 5-126, donde se puede apreciar que los aportes son relativamente bajos.

Tabla 5-126. Aportes a línea de Base MPS (Esc. 2014).

Receptor	MPS Promedio Mensual (mg/m²/día)	MPS Promedio Anual (mg/m²/día)
Estación N° 1	0,0015	0,0023
Estación N° 2	0,0036	0,0041
Estación N° 3	0,0002	0,0003
Estación N° 4	0,0031	0,0035
Estación N° 5	0,0001	0,0002
Estación N° 6	0,0001	0,0001

Fuente: Elaboración propia

5.3.3.6 **Conclusión**

A través de una estimación de emisiones y la consecuente modelación de dispersión de contaminantes, se pudo determinar que la infracción analizada presentó emisiones estimadas de MP30 de 11,54 (t/año), MP10 2,57 (t/año) y MP2,5 0,94 (t/año), para el año de máximo tránsito correspondiente al año 2014, las cuales representan un 0,79% de las Emisiones provenientes del tránsito sobre las rutas analizadas.

Respecto a los aportes de las emisiones a la calidad del aire, se pudo determinar que estas no superan el 0,1% en los promedios diarios y anual tanto para el MP10 en estación Población Huasco II y las áreas de

Freirina, Maitencillo y Vallenar. Los valores medidos de MP2,5 y MP10 en estación Población Huasco II en el periodo analizado, y no superan la norma primaria establecida (D.S. N° 59/98 y D.S. N° 12/11).

Se puede concluir que existe un aumento de la concentración del material respirable MP10 por sobre lo evaluado ambientalmente en las RCA 215 y 246, lo cual de acuerdo a la Guía de riesgo para la salud de la población en el SEIA, *"por debajo de los valores establecidos en dichas normas (normas de calidad del aire primarias) se considera que la exposición no representa riesgo para la población, o bien, el riesgo está en un nivel aceptable para la sociedad en su conjunto"*, no representa un riesgo para la población.

Para el Material Particulado Sedimentable (MPS) y el Hierro (fe en MPS), los aportes calculados son del orden de 0,0031 (mg/ (m² día)), lo que se traduce en aportes poco significativos para la depositación de MPS para las estaciones analizadas.

Los aportes de material particulado a cada estación se resumen a continuación:

Tabla 5-125. Aportes estimados a la calidad del Aire (MP10)

Receptores Discretos	MP10	
	Promedio Anual (µg/m ³)	Promedio Diario P98 (µg/m ³)
población Huasco II	0,10%	0,10%
Freirina	0,03%	0,02%
Maitencillo	0,09%	0,06%
Vallenar	0,01%	0,01%

Tabla 5-127. Aportes estimados a la calidad del Aire (MPS)

Receptor	% aporte a LdB Prom. Mensual	% aporte a LdB Prom. Anual
Estación N° 1	0,001%	0,002%
Estación N° 2	0,002%	0,004%
Estación N° 3	0,000%	0,000%
Estación N° 4	0,002%	0,004%
Estación N° 5	0,000%	0,000%
Estación N° 6	0,000%	0,000%

Fuente: Elaboración propia

En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica *"En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por*

ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: "Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias"), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°10 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, provoca como efecto la generación de “Emisiones adicionales de material particulado respirable sin efectos en receptores sensibles y aporte en MPS”.

5.3.4 HECHO 12:

No se han implementado todas las medidas comprometidas para evitar emisiones de ruido generado por el transporte de ferrocarriles, según los siguientes hechos:

- a) Se constató que el cambio de rieles no se había efectuado en su totalidad en el tramo comprendido entre Planta Pellets y Mina Los Colorados (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).*
- b) No se ha construido Pantalla Acústica en sector Huasco Bajo, casa aislada, Coordenadas E287125-N6848300 (Inspección Ambiental, 2015).*

5.3.4.1 Descripción del Hecho

Se omitió la instalación de barreras acústicas destinadas a mitigar el ruido generado por el paso del tren de Ferronor que transporta preconcentrado de hierro entre la mina Los Colorados y Planta de Pellets. Además, se recibieron quejas de un receptor ubicado a 20 metros de la línea férrea quien denuncia que el tránsito de trenes excede los máximos permitidos del nivel de ruido.

5.3.4.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Las condiciones, normas y/o medidas infringidas se refieren a la RCA N°215/2010, considerandos:

- 4.2.2. “b.1) Modificaciones Físicas: Vía Férrea y Equipos Móviles. La principal medida considerada por el proyecto es la implementación de cúpulas en las tolvas de los carros. El objetivo es minimizar la eventual erosión eólica de la carga durante el traslado del material hasta Planta de Pellets. Adicionalmente, se realizará un mejoramiento de los rieles ente Estación Maitencillo Planta de Pellets. Lo anterior, se refiere al cambio del tipo de montaje de los rieles en toda la extensión de la

vía férrea, consistente en el paso de 100% de los rieles de tipo de tope a rieles de tipo soldado, lo cual reduce el ruido y vibraciones”.

- *4.2. “El presente proyecto considera realizar las mejoras a la vía férrea utilizada actualmente, desde la Estación Maitencillo (el punto en que confluyen todas las vías de abastecimiento de preconcentrado desde distintas faenas mineras) hasta la Planta, lo que corresponde al tramo final de la vía férrea de 36 km (el cual es propiedad del Titular), que pasa por las comunas de Freirina y Huasco”.*
- *4.3.1. “Construcción Fase 1: Esta etapa de construcción considera las siguientes obras: Actividades en el entorno de la vía, preparación y nivelación del terreno a lo largo de la vía en los tramos urbanos, implementación de pantallas acústicas, pasos habilitados a nivel de la vía férrea, barrera automática en cruces vehiculares, instalación de cierres peatonales con malla tipo acma, áreas verdes”.*
- *7.1.2. “Vía férrea: Con relación al transporte ferroviario, se consideran las siguientes medidas de mitigación que tiene como objetivo contribuir a mejorar las condiciones de vida de las comunidades del área de influencia de la vía férrea del Proyecto. En específico, se realizará la implementación de pantallas acústicas en lugares específicos de las zonas urbanas, aledañas a la vía férrea, para la protección de casas de alta exposición”.*
- *7.1.3. “Ruido: Con el propósito de mitigar las emisiones de ruido en el traspaso del tren por la vía férrea, durante la presente evaluación se han presentado medidas claras para mitigar el ruido en el tramo Maitencillo – Huasco, consistentes en la instalación de pantallas acústicas y uso de riel soldado. Además, se ha dispuesto la regulación del uso de bocina”*

Tabla 5-128. Resumen de las obras propuestas a implementar a lo largo de la vía férrea.

Receptor N°	Tramo	Nomenclatura según capítulo de Línea Base	Observación de la Medida
1	Colegio (E303153; N68443809)	Sector 4	Pantalla acústica
2	Freirina Desde: E296608; N6844822 Hasta: E296129; N6844915	Sector 3	Pantalla acústica
3	El Pino Desde: E2889449; N6846803 Hasta: E289342; N6846855	Sector 8	Pantalla Acústica o Malla ACMA (por definir)
4	Huasco Bajo, sector parroquia – sede social Desde: E287338; N6848092 Hasta: E287199; N6848205	Sector 2	Pantalla acústica
5	Huasco Bajo, casa aislada Ubicación: E287125; N6848300	Sector 2	Pantalla acústica
6	Huasco Bajo, Cruce con Ruta C-470 Desde: E286805; N6848511 Hasta: E286406; N6848794	Sector 2	Pantalla acústica a ambos lados de la vía

Y a las normas y/o medidas infringidas de la RCA N°246/2010, considerandos:

- 7.1.2. “b) Ruido: Mejoramiento de los rieles en sectores poblados entre Mina Los Colorados y Estación Maitencillo. (Rieles soldados, prescindiendo de esta manera de pernos y juntas entre distintos tramos de éstos. Esta medida, que de ahora en más constituye el estándar de calidad a mantener para la vía, permite disminuir el ruido y el desgaste de los rieles, mejorando las condiciones de seguridad de la operación”.

5.3.4.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objeto de protección de la medida está asociado directamente con el **impacto acústico** generado por el tránsito diario de ferrocarriles de transporte de carga en el trayecto Mina Los Colorados y Planta de Pellets ubicada en la localidad de Huasco.

En este contexto, se identifica como efecto de la omisión de llevar a cabo la implementación de barreras acústicas en receptor N°5 y mejoramiento de rieles en sectores poblados entre Mina Los Colorados y Estación Maitencillo, y el potencial incremento de los niveles de ruido existentes en los sectores poblados ubicados en las inmediaciones de la línea férrea, a menos de 10 metros de ésta. Adicionalmente, se evaluará el impacto acústico en la vivienda de don Sebastián Callejas Matic, quien “denuncia a la empresa Ferronor S.A.” por molestias derivadas del frecuente “ruido del tren en diversos horarios, lo que impide dormir y descansar, alegando que los trenes estarían emitiendo un nivel de ruido que sobrepasa los límites máximos”, debido a lo dispuesto por el Cons. 99 de la Res. Ex. N° 8/Rol D-002-2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

5.3.4.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Marco teórico y enfoque metodológico

El presente capítulo tiene por objeto responder al **Considerando 65 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica lo siguiente: “En relación con el Hecho Infraccional N°12, respecto al sector Huasco Bajo, casa aislada¹¹⁸, en la cual se solicitan análisis adicionales sobre la potencial afectación de ruido en ese lugar.

A modo de atender las observaciones, se configuraron cuatro escenarios a modo de dar certeza al potencial efecto causado. Los escenarios se detallan a continuación:

Escenario 1:

Condición aprobada ambientalmente de acuerdo con la RCA 215/2010, es decir un máximo de 15 viajes/día en convoyes de 35 carros tolva (en adelante carros). **Sin implementación de barrera acústica.**

Escenario 2:

Condición de acuerdo a lo indicado por el Hecho Infraccional N° 7, en el cual se constata la utilización de convoyes compuestos 47 carros. En la época que se constató este hecho infraccional el transporte ferroviario operaba con una media de 10 viajes/día y un máximo 12 viajes/día. **Sin implementación de barrera acústica.**

Escenario 3:

Condición aprobada ambientalmente de acuerdo con la RCA 215/2010, es decir un máximo de 15 viajes/día en convoyes de 35 carros. **Con implementación de barrera acústica.**

Escenario 4:

Condición de acuerdo con lo indicado por el Hecho Infraccional N° 7, en el cual se constata la utilización de convoyes compuestos 47 carros. En la época que se constató este hecho infraccional el transporte ferroviario operaba con una media de 10 viajes/día y un máximo 12 viajes/día. **Con implementación de barrera acústica.**

A modo de resumen, se presenta un extracto de los procedimientos de cálculo del estándar FTA¹¹⁹ para la determinación de emisión y la normativa chilena NCh1619¹²⁰ como estándar de evaluación. El descriptor para utilizar corresponde al Nivel Día Noche L_{DN} . La metodología para cuantificar el impacto acústico generado por el tránsito de trenes de carga debido a modificaciones en el número de viajes diarios establece:

- La cuantificación del nivel $L_{eq}(h)$ en función de la cantidad de viajes de trenes y el tipo de vehículos (L: locomotora, C: vagones), según ecuaciones de la normativa FTA:

¹¹⁸ En adelante, Recepto N° 5, ubicado en las coordenadas E287125-N6848300 Datum WGS84 Huso 19.

¹¹⁹ FTA-VA—90-1003-06 “Transit Noise and Vibration Assessment”.

¹²⁰ Norma Chilena Oficial NCh 1619-1979 “Acústica - Evaluación del ruido en relación con la reacción de la comunidad”.

$$Leq_{L(D)} = SEL_{ref} + 10 \cdot \log(N_L) + k \cdot \log\left(\frac{S}{80}\right) + 10 \cdot \log(V_D) - 35,6 \quad [dB(A)] \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Leq_{C(D)} = SEL_{ref} + 10 \cdot \log(N_C) + 20 \cdot \log\left(\frac{S}{80}\right) + 10 \cdot \log(V_D) - 35,6 \quad [dB(A)] \quad \text{Ecuación 2}$$

- Estas ecuaciones son función del Nivel de Exposición Sonora (SEL_{ref}) del evento de paso según tipo y cantidad de vehículos (N), velocidad de circulación (S) y densidad de flujo (V_D) a una distancia de referencia.

Las siguientes tablas muestran los datos de entrada utilizados para el cálculo de acuerdo con los escenarios planteados.

Escenario 1:

Tabla 5-129: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 1. Receptor 5.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	10	1.25	66.4
Carros de carga	82	35	--	10	1.25	44.7
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						66.4

Tabla 5-130: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 1. Callejón Los Guindos N° 308.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	25	1.25	62.4
Carros de carga	82	35	--	25	1.25	52.7
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						62.9

Escenario 2:

Tabla 5-131: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 2. Receptor 5.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	10	1	65.4
Carros de carga	82	47	--	10	1	45.1
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						65.5

Tabla 5-132: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 2. Callejón Los Guindos N° 308

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	25	1	61.5
Carros de carga	82	47	--	25	1	53.0
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						62.0

Escenario 3:

Tabla 5-133: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 3. Receptor 5.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	10	1.25	66.4
Carros de carga	82	35	--	10	1.25	44.7
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						66.4

Tabla 5-134: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 3. Callejón Los Guindos N° 308.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	25	1.25	62.4
Carros de carga	82	35	--	25	1.25	52.7
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						62.9

Escenario 4:

Tabla 5-135: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 4. Receptor 5.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	10	1	65.4
Carros de carga	82	47	--	10	1	45.1
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						65.5

Tabla 5-136: Niveles SEL y Leq en [dB(A)] – Escenario 4. Callejón Los Guindos N° 308.

Tipo de tren	SEL_{ref} [dB(A)]	Número de vehículos	Factor tipo de locomotora	Velocidad de circulación [km/h]	Densidad de flujo [viajes/hora]	$Leq_{(D)}$ [dB(A)]
Locomotora	92	1	-10	25	1	61.5
Carros de carga	82	47	--	25	1	53.0
Nivel de ruido a 15.24 metros generado por el tren, según distancia estandarizada por FTA (50 pies)						62.0

- Los niveles presentados corresponden a los niveles hora diurno sin y con proyecto. Mediante las siguientes expresiones se obtienen los niveles diurno (L_D) y nocturno (L_N) con los cuales se obtendrá el nivel día noche (L_{DN}) necesario para realizar la evaluación según NCh N°1619,

$$\begin{aligned} \text{a) } L_{eq}(h_{\text{día}}) &= L_D; \\ \text{b) } L_{eq}(h_{\text{noche}}) &= L_D + 10 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 3}$$

- Así tomando los valores $L_{eq}(h)$ calculados en el punto anterior, se determinó el nivel operacional según el descriptor L_{DN} a partir de la expresión siguiente. Cabe señalar que este descriptor considera una penalización de 10 [dB] para el periodo nocturno, comprendido entre las 22:00 y las 07:00 horas.

$$L_{DN} = 10 \cdot \log_{10} \left\{ \left(\frac{1}{24} \right) \cdot [(15 \cdot 10^{0,1L_D}) + (9 \cdot 10^{0,1(L_N+10)})] \right\} \quad \text{Ecuación 4}$$

- El cálculo del nivel de potencia (L_W) de la fuente lineal representada por la vía, se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$L_W = L_{DN} + 10 \log(r) + 5 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

L_{DN} : Nivel de Presión Sonora Día Noche;
 r : Distancia en metros a la que se obtuvo el SEL_{ref}

La misma ecuación anterior, se puede representar en función del $L_{eq}(h_{\text{día}})$ y $L_{eq}(h_{\text{noche}})$.

$$\begin{aligned} \text{a) } L_W &= L_{eq}(h_{\text{día}}) + 10 \log(r) + 5; \\ \text{b) } L_W &= L_{eq}(h_{\text{noche}}) + 10 \log(r) + 5 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

r : Distancia en metros a la que se obtuvo el SEL_{ref}

A continuación, el nivel de potencia estimado para cada escenario para el Receptor 5:

Tabla 5-137: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 1. Receptor 5.

Fuente de ruido	L_W [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	89.7	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-138: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 2. Receptor 5.

Fuente de ruido	L_W [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	88.7	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-139: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 3. Receptor 5.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	89.7	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-140: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 4. Receptor 5.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	88.7	Estimado en base a Ecuación 6

A continuación, el nivel de potencia estimado para cada escenario para Callejón Los Guindos N°308:

Tabla 5-141: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 1. Callejón Los Guindos N° 308.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	86.1	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-142: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 2. Callejón Los Guindos N° 308.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	85.3	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-143: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 3. Callejón Los Guindos N° 308.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	86.1	Estimado en base a Ecuación 6

Tabla 5-144: Nivel de potencia tren de carga. Escenario 4. Callejón Los Guindos N° 308.

Fuente de ruido	Lw [dB(A)] c/u	Observaciones
Tren de carga	85.3	Estimado en base a Ecuación 6

Para evaluar el efecto del proyecto en operación en las viviendas se recurre al uso de un modelo computacional implementado en el software SoundPLAN®. La configuración física se obtiene de planos geo-referenciados con curvas de nivel elevadas y viviendas. Este permite caracterizar el entorno físico del Proyecto y efectuar la estimación de acuerdo con la metodología antes descrita. Finalmente, se obtienen mapas de ruido que representan la emisión e impacto acústico de la vía ferroviaria en las viviendas del entorno. El modelamiento computacional se utiliza para contrastar los escenarios propuestos de acuerdo con los 4 escenarios planteados.

Determinación y cuantificación de los efectos ambientales

La cuantificación de los efectos se realizará utilizando un modelo acústico debido al aumento de tránsito ferroviario bajo el marco del proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets” de Compañía Minera del Pacífico, cuyo análisis se entrega a continuación para cada receptor.

Análisis para vivienda aislada denominada Receptor 5:

Escenario 1:

Flujo de ferrocarril diario: 15 (30 considerando ida y vuelta) con 35 carros.

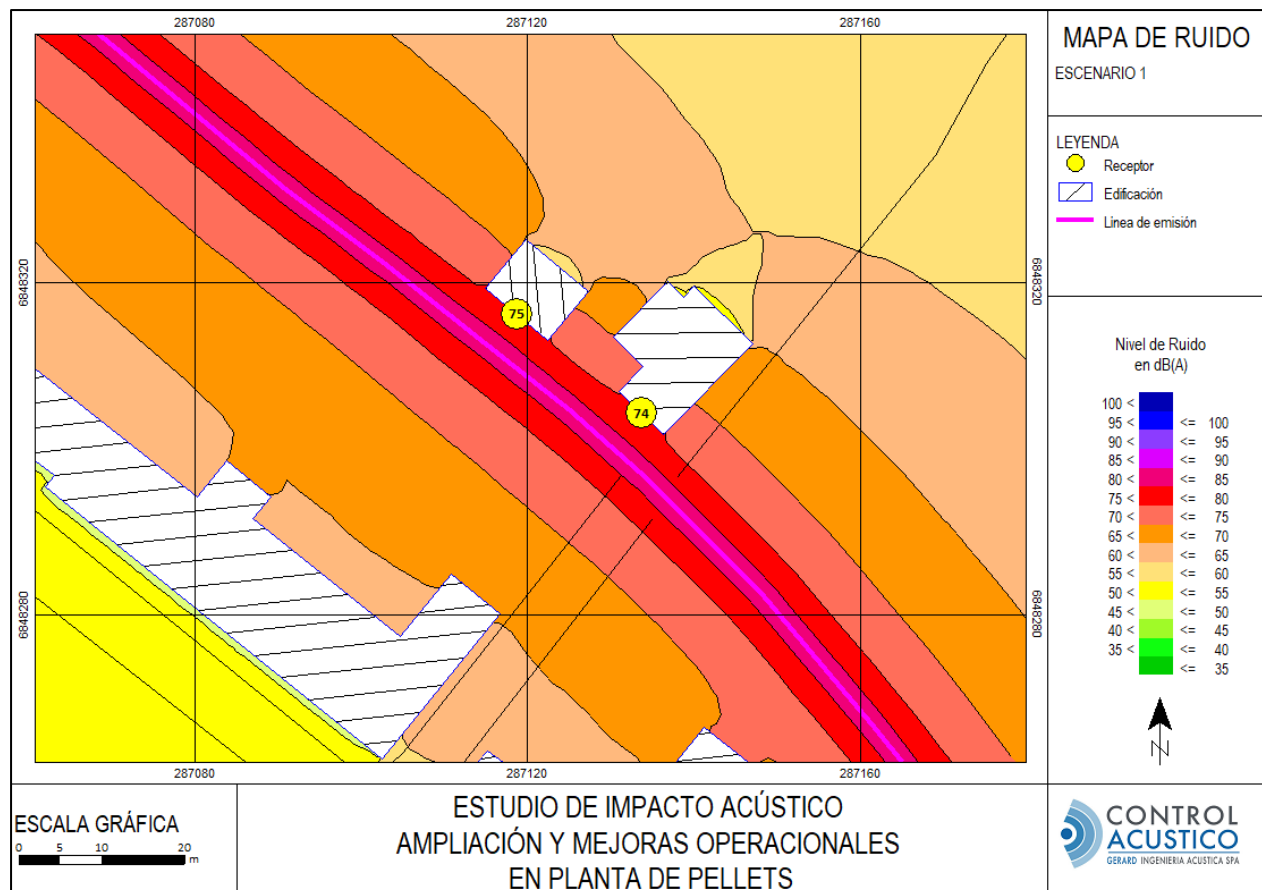
Velocidad de circulación: 10 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Puntos de control: Receptor N°5 y edificación contigua, denominada 5B.

Condición: Sin barrera.

Ilustración 1: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en inmediaciones receptor N°5. Escenario 1.



Escenario 2:

Flujo de ferrocarril diario: 12 (24 considerando ida y vuelta) con 47 carros

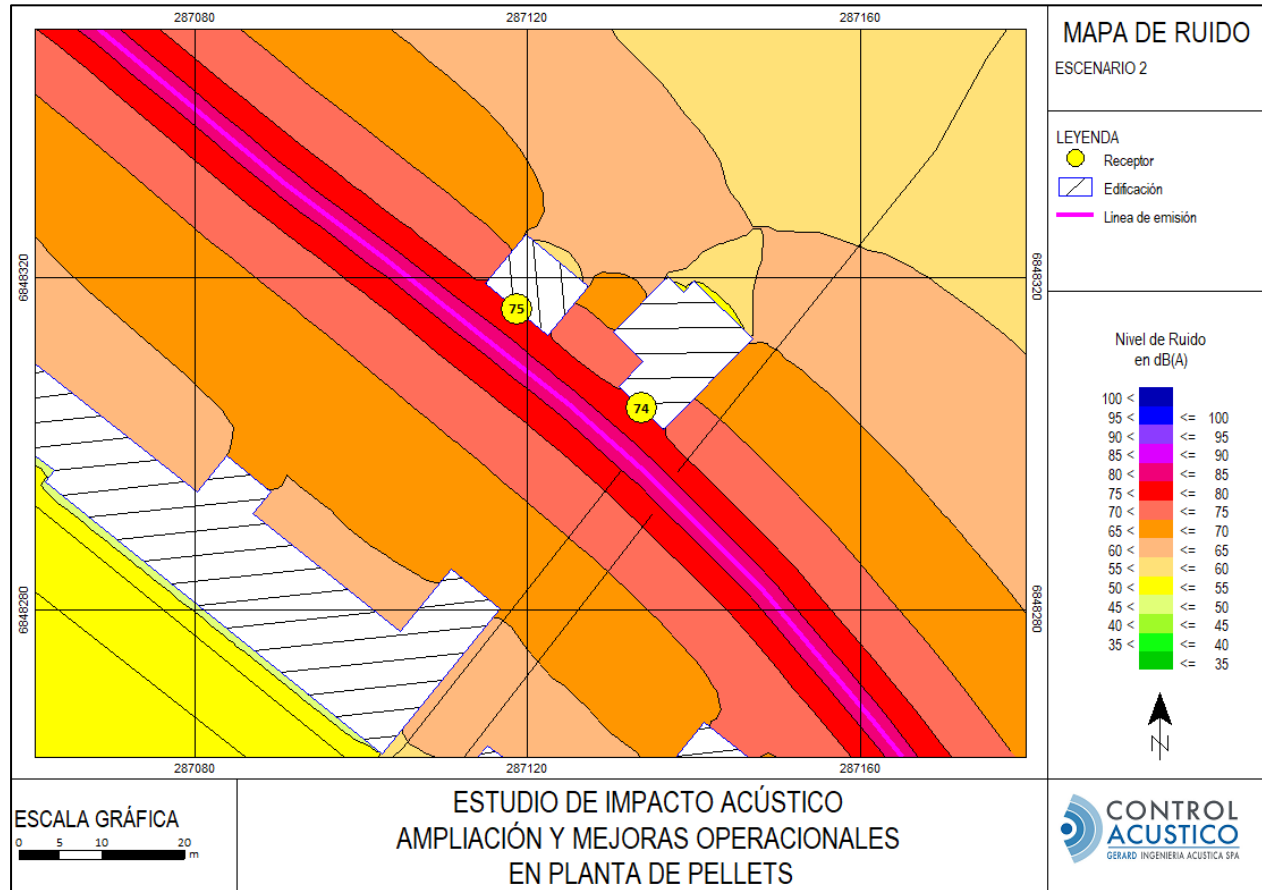
Velocidad de circulación: 10 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Puntos de control: Receptor N°5 y edificación contigua, denominada 5B.

Condición: Sin barrera.

Ilustración 2: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en inmediaciones receptor N°5. Escenario 2.



Escenario 3:

Flujo de ferrocarril diario: 15 (30 considerando ida y vuelta) con 35 carros

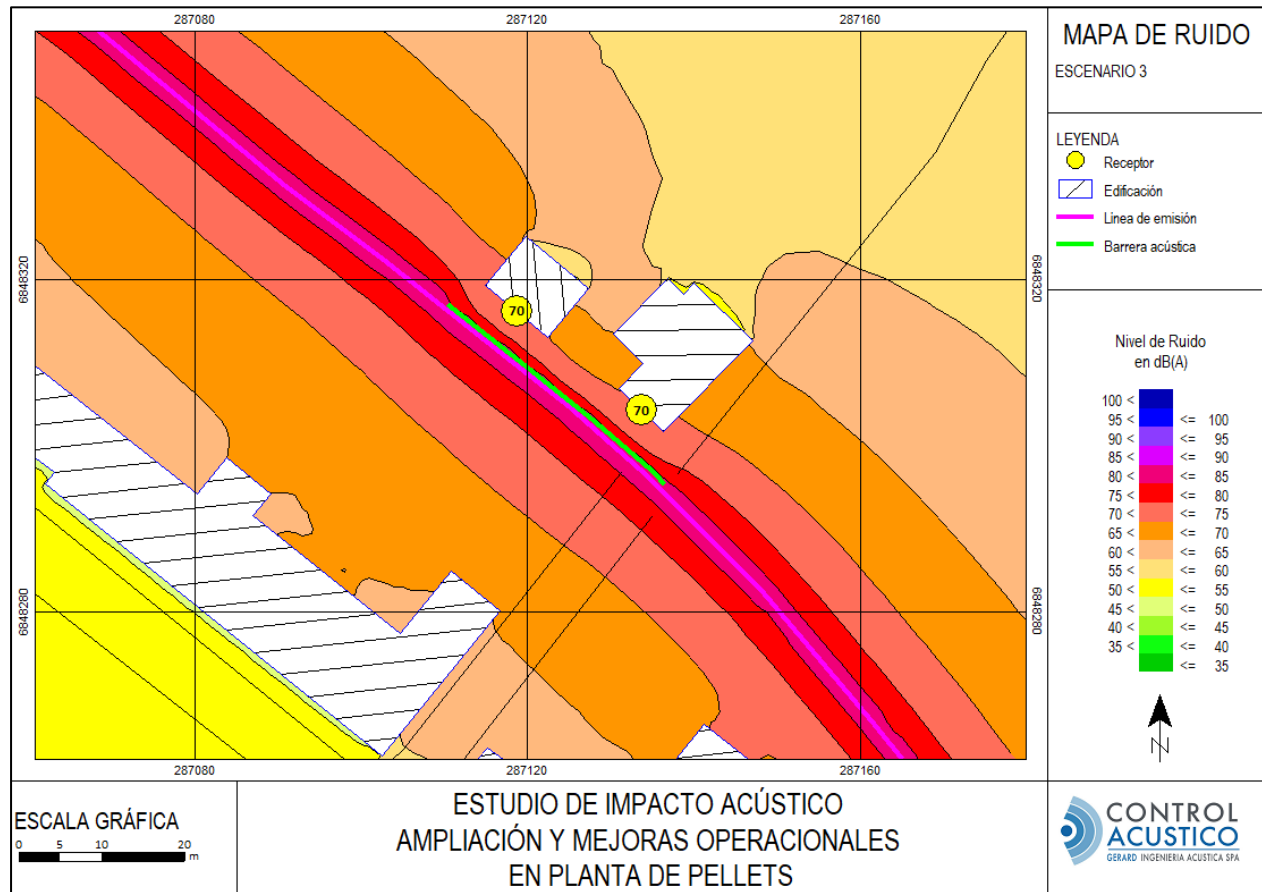
Velocidad de circulación: 10 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Puntos de control: Receptor N°5 y edificación contigua, denominada 5B.

Condición: Con barrera.

Ilustración 3: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en inmediaciones receptor N°5. Escenario3.



Escenario 4:

Flujo de ferrocarril diario: 12(24 considerando ida y vuelta) con 47 carros.

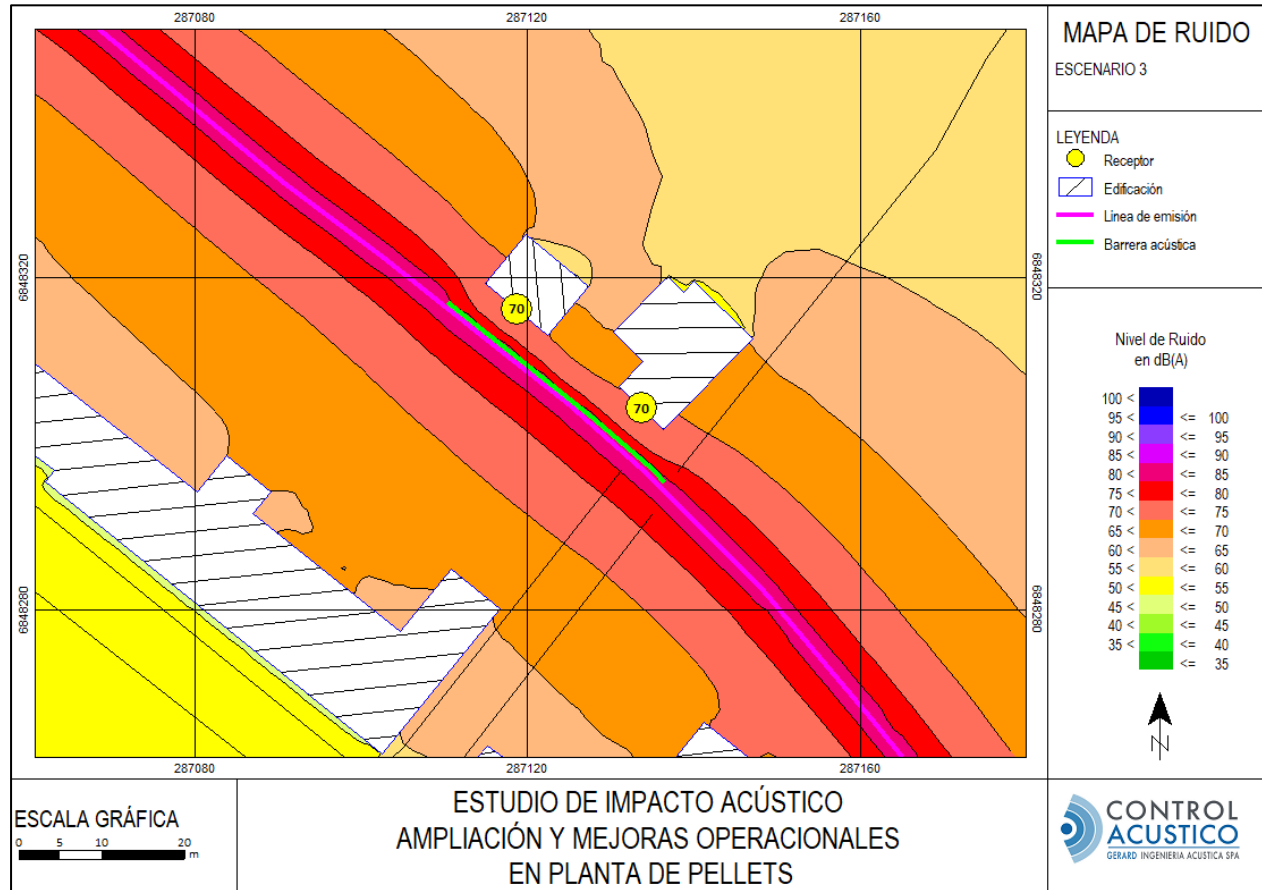
Velocidad de circulación: 10 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Puntos de control: Receptor N°5 y edificación contigua, denominada 5B.

Condición: Con barrera.

Ilustración 4: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en inmediaciones receptor N°5. Escenario 4.



Los mapas de ruido obtenidos cuantifican el potencial incremento esperado. Podemos apreciar que, de acuerdo con los datos modelados, no se espera un cambio frente a las condiciones constatadas por el Hecho Infraccional N° 7, producto del incremento entre la operación de 35 vagones a 47 vagones.

La normativa NCh N°1619/1979 clasifica la respuesta de la comunidad según el aumento en el nivel de ruido preexistente que genera una actividad específica. El criterio que establece dicha normativa a continuación.

Tabla 5-145: Cuadro resumen con los incrementos de nivel de ruido y las categorías de la reacción de la comunidad frente al ruido.

Cantidad en [dB(A)] en que el Nivel Medido excede al Nivel de Ruido Basal	Respuesta de la Comunidad	
	Categoría	Descripción
0	Ninguna	No se observó reacción
5	Poca	Quejas esporádicas
10	Mediana	Quejas frecuentes
15	Fuerte	Amenazas de acción de la comunidad
20	Muy fuerte	Acción enérgica de la comunidad

A modo de apreciar dicha situación, se realizará la comparación entre el Escenario 1 y 2, considerando su evaluación según el estándar NCh N° 1619/1979. También, se realiza la comparación entre el escenario 3 y 4 bajo la misma normativa.

Tabla 5-146: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Receptor N°5 y 5B. Escenario 1 y 2.

Receptor	LDN modelado [dB(A)]		Incremento [dB]
	Escenario 1	Escenario 2	
5	75	75	0
5B	74	74	0

Tabla 5-147: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Receptor N°5 y 5B. Escenario 3 y 4.

Receptor	LDN modelado [dB(A)]		Incremento [dB]
	Escenario 3	Escenario 4	
5	70	70	0
5B	70	70	0

Se constata que no hay incrementos de nivel de ruido por el proyecto no tiene la capacidad de generar respuesta alguna por parte de la comunidad. Por tanto, la operación del Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta De Pellets” de Compañía Minera del Pacífico, no tiene el potencial para generar impacto negativo en los sectores aledaños.

Análisis para vivienda ubicada en Callejón Los Guindos N° 308:

La cuantificación de los efectos se realizará en el receptor en Callejón Los Guindos N° 308, utilizando un modelo acústico debido al aumento de tránsito ferroviario bajo el marco del proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets” de Compañía Minera del Pacífico, cuyo análisis se entrega a continuación para cada receptor.

Escenario 1:

Flujo de ferrocarril diario: 15 (30 considerando ida y vuelta) con 35 carros.

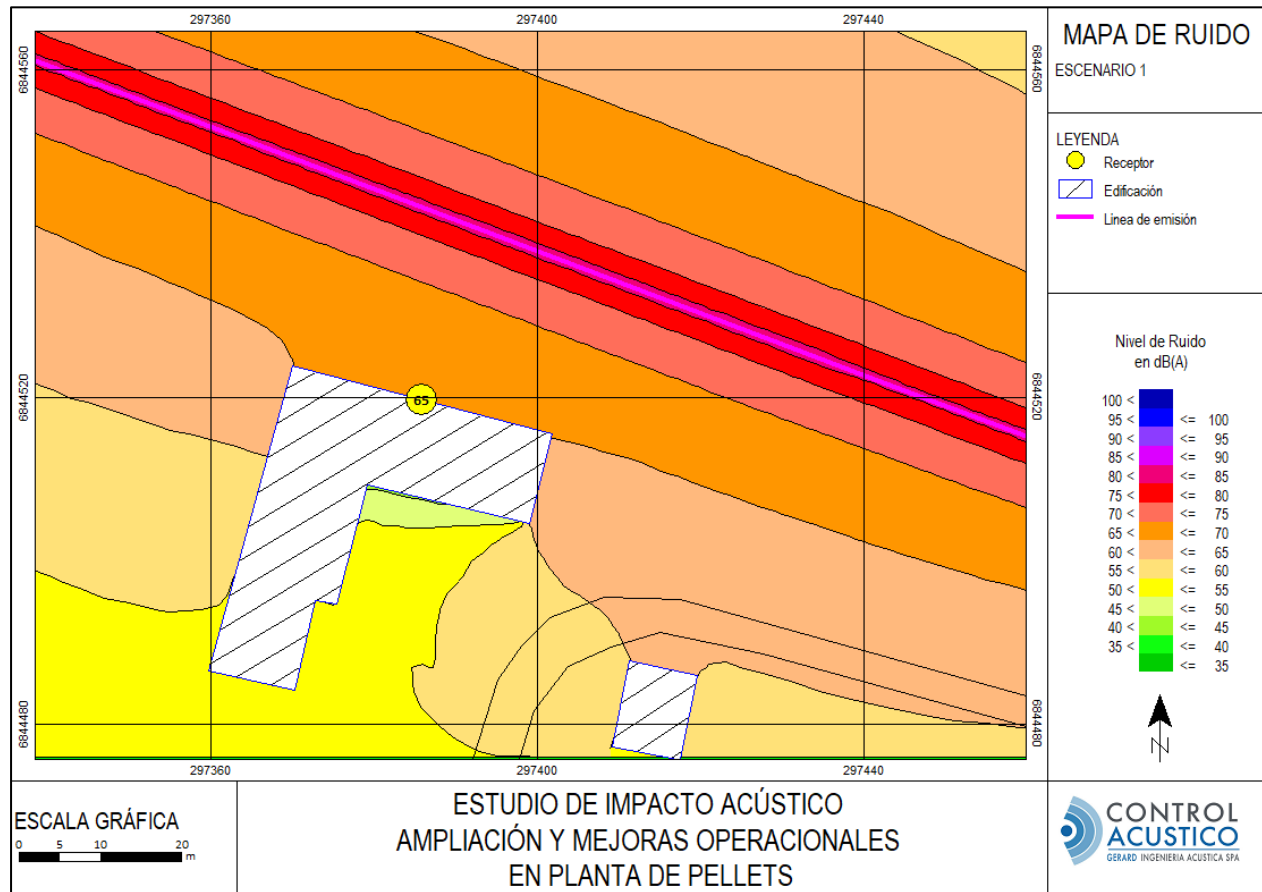
Velocidad de circulación: 25 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Punto de control: Callejón Los Guindos N° 308.

Condición: Sin barrera.

Ilustración 5: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 1.



Escenario 2:

Flujo de ferrocarril diario: 12 (24 considerando ida y vuelta) con 47 carros

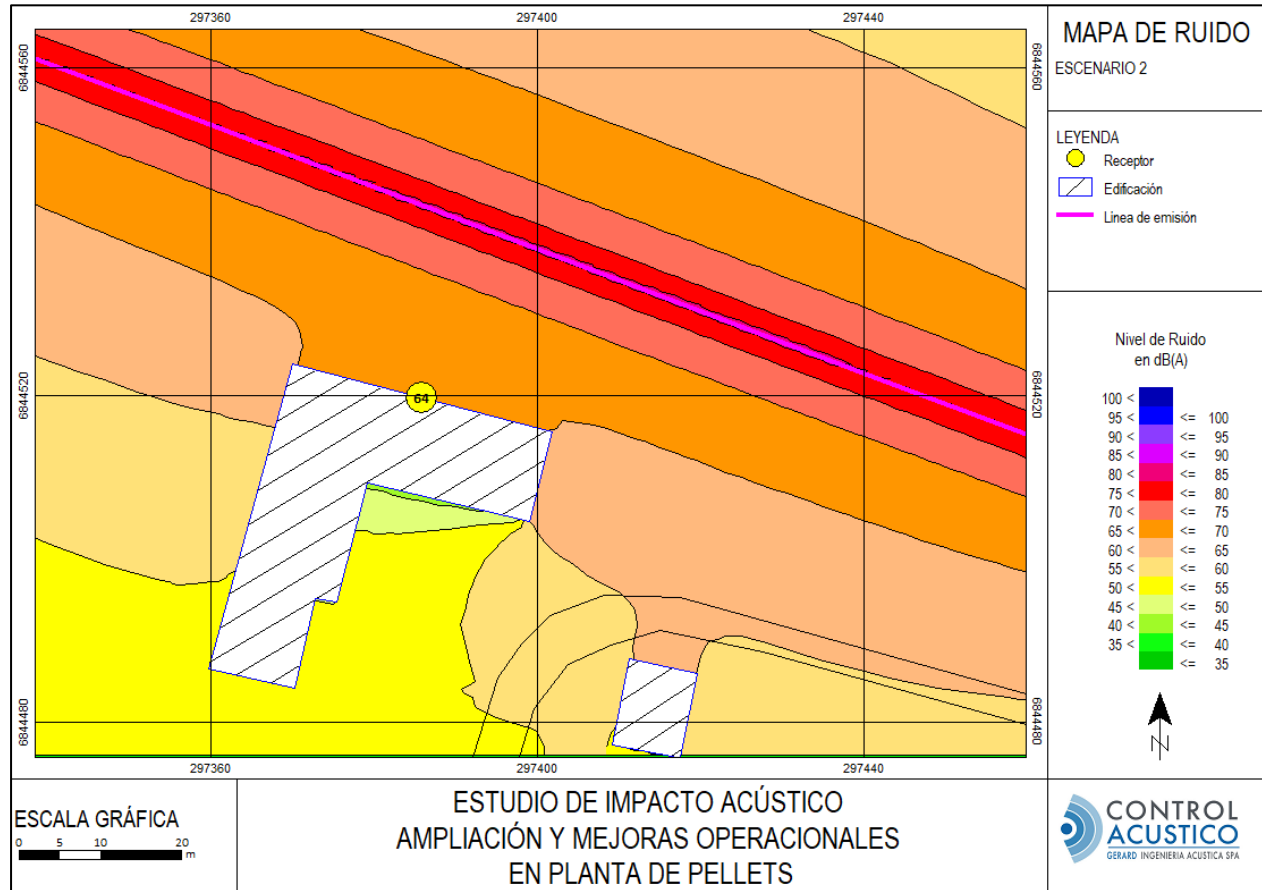
Velocidad de circulación: 25 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Punto de control: Callejón Los Guindos N° 308.

Condición: Sin barrera.

Ilustración 6: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 2.



Escenario 3:

Flujo de ferrocarril diario: 15 (30 considerando ida y vuelta) con 35 carros

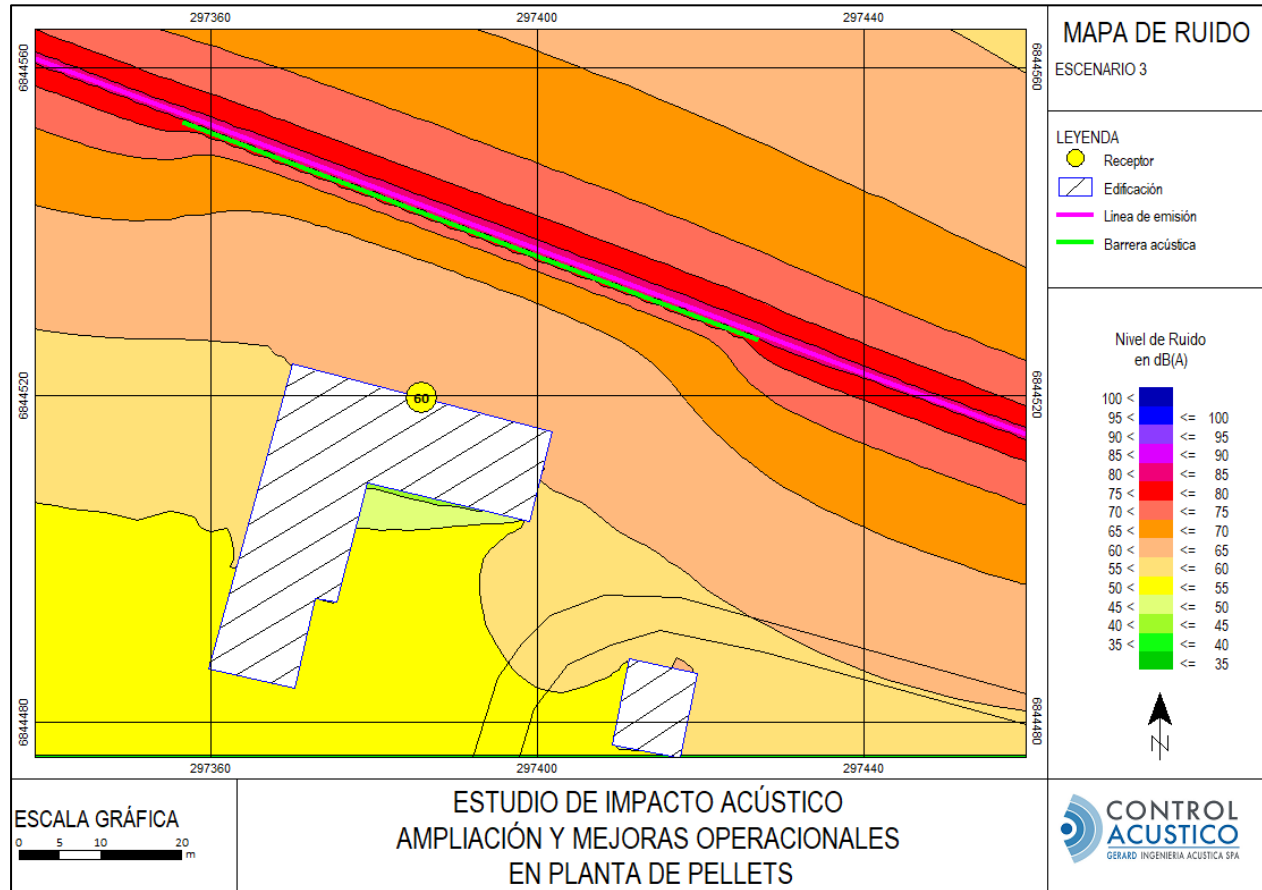
Velocidad de circulación: 25 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Punto de control: Callejón Los Guindos N° 308.

Condición: Con barrera.

Ilustración 7: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en Callejón Los Guindos N° 308. Escenario3.



Escenario 4:

Flujo de ferrocarril diario: 12(24 considerando ida y vuelta) con 47 carros.

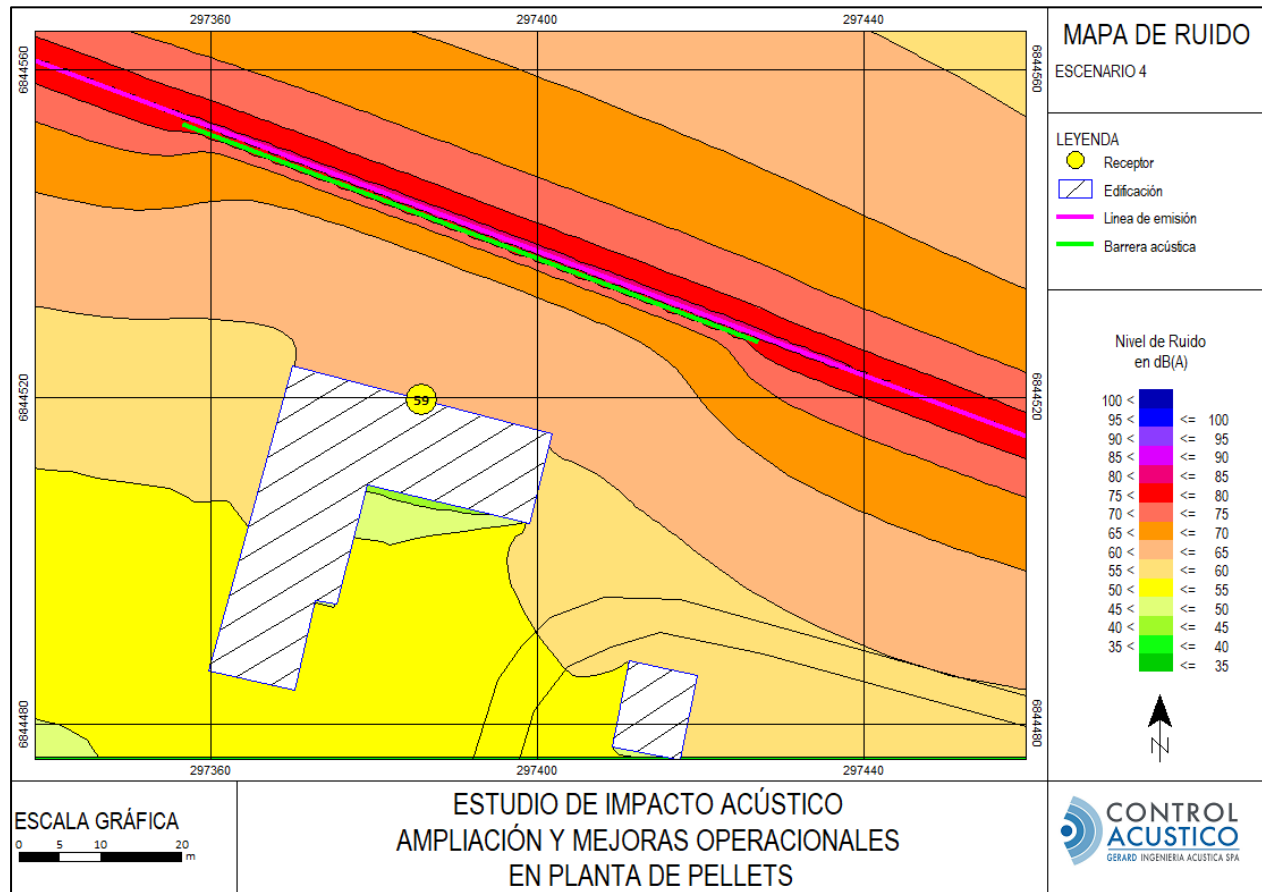
Velocidad de circulación: 25 km/h.

Parámetro de control: Nivel día noche (L_{DN}).

Punto de control: Callejón Los Guindos N° 308.

Condición: Con barrera.

Ilustración 8: Mapa de propagación sonora tránsito ferroviaria en Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 4.



La normativa NCh N°1619/1979 clasifica la respuesta de la comunidad según el aumento en el nivel de ruido preexistente que genera una actividad específica. El criterio que establece dicha normativa a continuación.

Tabla 5-148: Cuadro resumen con los incrementos de nivel de ruido y las categorías de la reacción de la comunidad frente al ruido.

Cantidad en [dB(A)] en que el Nivel Medido excede al Nivel de Ruido Basal	Respuesta de la Comunidad	
	Categoría	Descripción
0	Ninguna	No se observó reacción

Cantidad en [dB(A)] en que el Nivel Medido excede al Nivel de Ruido Basal	Respuesta de la Comunidad	
	Categoría	Descripción
5	Poca	Quejas esporádicas
10	Mediana	Quejas frecuentes
15	Fuerte	Amenazas de acción de la comunidad
20	Muy fuerte	Acción enérgica de la comunidad

A modo de apreciar dicha situación, se realizará la comparación entre el Escenario 1 y 2, considerando su evaluación según el estándar NCh N° 1619/1979. También, se realiza la comparación entre el escenario 3 y 4 bajo la misma normativa.

Tabla 5-149: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 1 y 2.

Receptor	L _{DN} modelado [dB(A)]		Incremento [dB]
	Escenario 1	Escenario 2	
5	65	64	-1

Tabla 5-150: Niveles proyectos para escenarios en evaluación. Callejón Los Guindos N° 308. Escenario 3 y 4.

Receptor	L _{DN} modelado [dB(A)]		Incremento [dB]
	Escenario 3	Escenario 4	
5	60	59	-1

De las proyecciones realizadas, observamos que la condición comparada significó un decremento en los niveles de L_{DN} en los receptores.

Para comprender esta situación, se debe notar que la Locomotora representa la fuente de ruido más importante en el paso del tren. Por lo que si la cantidad de trenes disminuye, disminuirá también la emisión generada por la Locomotora aunque aumente la cantidad de vagones, esto se puede observar comparando la Tabla 5-130 (1.25 viajes por hora) con la Tabla 5-132 (1 viaje por hora).

Para el caso de los Carros de carga, la Tabla 5-130 en su fila “Carros de carga” indica un nivel de 52.7 [dB(A)], mientras que en la Tabla 5-132 se aprecia un valor de 53.0 [dB(A)], por tanto un leve incremento por este factor. Sin embargo, y considerando que la Locomotora representa el 90% de la energía acústica, este leve incremento de carros no genera un impacto relevante, por tanto, predomina el efecto de decremento de los niveles en el receptor producto del menor flujo diario.

5.3.4.5 Conclusión

En relación con el Cargo N°12 y considerando lo indicado por la SMA en su observación N°65, respecto al impacto acústico generado por el transporte ferroviario asociado al Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Planta de Pellets” de Compañía Minera del Pacífico, es posible concluir lo siguiente:

Para el punto ubicado en el sector Huasco Bajo, denominado “casa aislada” (Coordenadas E287125-N6848300, Receptor N° 5), si se realiza una comparación entre los efectos del transporte aprobado en las RCA 215/2010 y RCA 246/2010 con el Hecho Infraccional N° 7, considerando para el análisis la situación con y sin barrera acústica, se constata que el proyecto en operación, en ambas condiciones, no genera efectos negativos sobre los receptores ubicados en el entorno de la vía férrea, de acuerdo a lo indicado por la normativa NCh 1619/1979, considerando los escenarios modelados, descritos como Escenario 1, 2, 3 y 4.

Lo anterior se basa en que la principal fuente de ruido en los trenes es la locomotora, no los carros, lo que implica que sin importar la diferencia de longitud del tren (35 v/s 47 carros) predomina el ruido emitido por ésta. Por otro lado, disminuye la densidad de flujo (15 viajes/día para 35 carros tolva vs 12 viajes/día para 47 carros tolva) por lo que se ve una leve disminución en la emisión, esta escasa diferencia de emisión no es suficiente para generar un cambio de nivel de ruido en los receptores.

Para el punto ubicado en el Callejón Los Guindos N° 308, comuna de Freirina (coordenadas 297404 m S 6844510 m E), analizando comparativamente los efectos del transporte aprobado en las RCA 215/2010 y RCA 246/2010 con el Hecho Infraccional N° 7, considerando para el análisis la situación con y sin barrera acústica, se constata que el proyecto en operación, en ambas condiciones, no genera efectos negativos sobre los receptores ubicados en el entorno de la vía férrea, de acuerdo a lo indicado por la normativa NCh 1619/1979, considerando los escenarios modelados, descritos como Escenario 1, 2, 3 y 4.

A efectos de la proyección, se observa un decaimiento de los niveles, lo que principalmente se debe a la disminución en el flujo diario de carros (15 viajes/día vs 12 viajes/día).

En síntesis, la infracción no tuvo efectos por cuanto las diferencias en los escenarios evaluados no son significativas.

Esta evaluación consideró la metodología de proyección descrita en el estándar FTA y los máximos de referencia indicados el estándar nacional NCh N°1619/1979 que clasifica la respuesta de la comunidad según el aumento en el nivel de ruido preexistente.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°12 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, no se genera ningún aumento en los niveles de ruido los cuales están por debajo de las normas referenciales (FTA y NCh N° 1619) para generar efectos concretos en los receptores.

5.4 Hechos relacionados con Mina Los Colorados

5.4.1 HECHO 9:

No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de MP en mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en inspección ambiental de 2015:

- i. *La correa N° 2741 -que transporta el preconcentrado desde la torre de carguío hacia los trenes que son cargados- no cuenta con sistema de humectación.*
- ii. *El sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719 -que conecta la planta de beneficio con el acopio principal que alimenta el carguío- y está conformado por 2 aspersores en serie no operativos.*
- iii. *Caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719 con alta generación de material en suspensión.*
- iv. *Inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles.*

5.4.1.1 Descripción del Hecho

A continuación, se analizan los hechos constatados en las inspecciones ambientales, para identificar posibles efectos sobre elementos del medio ambiente.

- i. **La correa N° 2741 -que transporta el preconcentrado desde la torre de carguío hacia los trenes que son cargados- no cuenta con sistema de humectación.**

En la Inspección Ambiental 2015, Informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA, se indica que “la correa 2741 que alimenta la torre de carguío a trenes no cuenta con sistema de humectación”. La humectación del preconcentrado en la correa, indicada como medida de control de emisiones de material particulado, tiene como objetivo aumentar la humedad del material de la correa, con la finalidad de disminuir las emisiones que se generarían durante el traspaso desde la correa a los carros del tren.

- ii. **El sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719 -que conecta la planta de beneficio con el acopio principal que alimenta el carguío- y está conformado por 2 aspersores en serie no operativos.**

Dentro de los “Sistemas de Control de Polvo en la Planta de Beneficio Actual”, como de los “Sistema de Control de Polvo en Nueva Línea”, indicados en el punto 7.1.2, f) Material Particulado, de la Resolución Exenta N° 246 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, del 28 de octubre de 2010, no se indica la existencia de sistema de humectación sobre la correa N° 2719, por lo tanto no existirían emisiones adicionales en la operación de la correa N° 2719, al no encontrarse operativo el sistema de humectación.

- iii. **Caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719 con alta generación de material en suspensión.**

En la Inspección Ambiental 2015, se indica que “se observó la caída de preconcentrado seco desde la correa 2719 con alta generación de material en suspensión”. Debido a la generación de emisiones de material particulado producto de la caída de preconcentrado, pudieron producirse emisiones adicionales a las evaluadas ambientalmente. La Figura 5-144 muestra la caída preconcentrado seco presentada en el informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

Figura 5-144: Caída de preconcentrado seco desde corre N° 2719.



Fuente: Fotografía 45, informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA.

iv. Inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles

En la Inspección Ambiental 2015, Informe DFZ-2015-61-III-RCA-IA, se indica que “el botadero Sur 5 (que forma parte de botadero Suroeste), ubicado en coordenadas N 6.869.361 – E 320.672 – COTA 492 msnm, se encontró operativo y contaba con medidas de seguridad tales como señalización, cordón de seguridad en camino, pretil de contención en el borde, ángulo de talud de reposo y se observó la zona de descarga compactada. No existía regadío en dicha plataforma de descarga”.

El Considerando 13.4. Permiso Ambiental Sectorial Artículo 93. RCA 246/2010, indica que: “Proyecto generará alrededor de 860 Millones de toneladas de estériles, los cuales serán depositados en los botaderos Mor-Este y Sur Oeste. Las formas de control y manejo de las emisiones para este material que cabe mencionar, es dispuesto en los botaderos como aquel almacenado en los acopios de baja ley, corresponde a material “grueso” además se considera el uso de regadío en las plataformas de descarga y su compactación mecánica derivada del uso de tractores durante su disposición y por el propio paso de los camiones en los caminos y plataformas de descarga. Para fines de la humectación a realizar, aun cuando CMH cuenta con derechos de agua suficientes, se considerará la aplicación de un aditivo químico a definir (Fitosoil, Dustbloc o similar) de manera de reducir el consumo de agua en el proceso”. Por lo tanto, se

estima que pudieron producirse emisiones adicionales, a las que se hubieran generado con la aplicación de la medida de humectación de la plataforma de descarga de botadero de estériles.

5.4.1.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°9, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 7. Medidas de mitigación, Reparación y/o Compensación: 7.1.2 Etapa de Operación:** (...) A continuación se presenta una tabla resumen con la ubicación referencial de los sistemas de control de emisiones existentes en la Planta de Beneficio. Sistemas de Control de Polvo en Planta de Beneficio Actual (ver Tabla RCA).
- **Considerando 13.4 Permiso Sectorial Artículo 93:** (...) se considera el uso de regadío en las plataformas de descarga y su compactación mecánica derivada del uso de tractores durante su disposición y por el propio paso de los camiones en los caminos y plataformas de descarga (...).

5.4.1.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

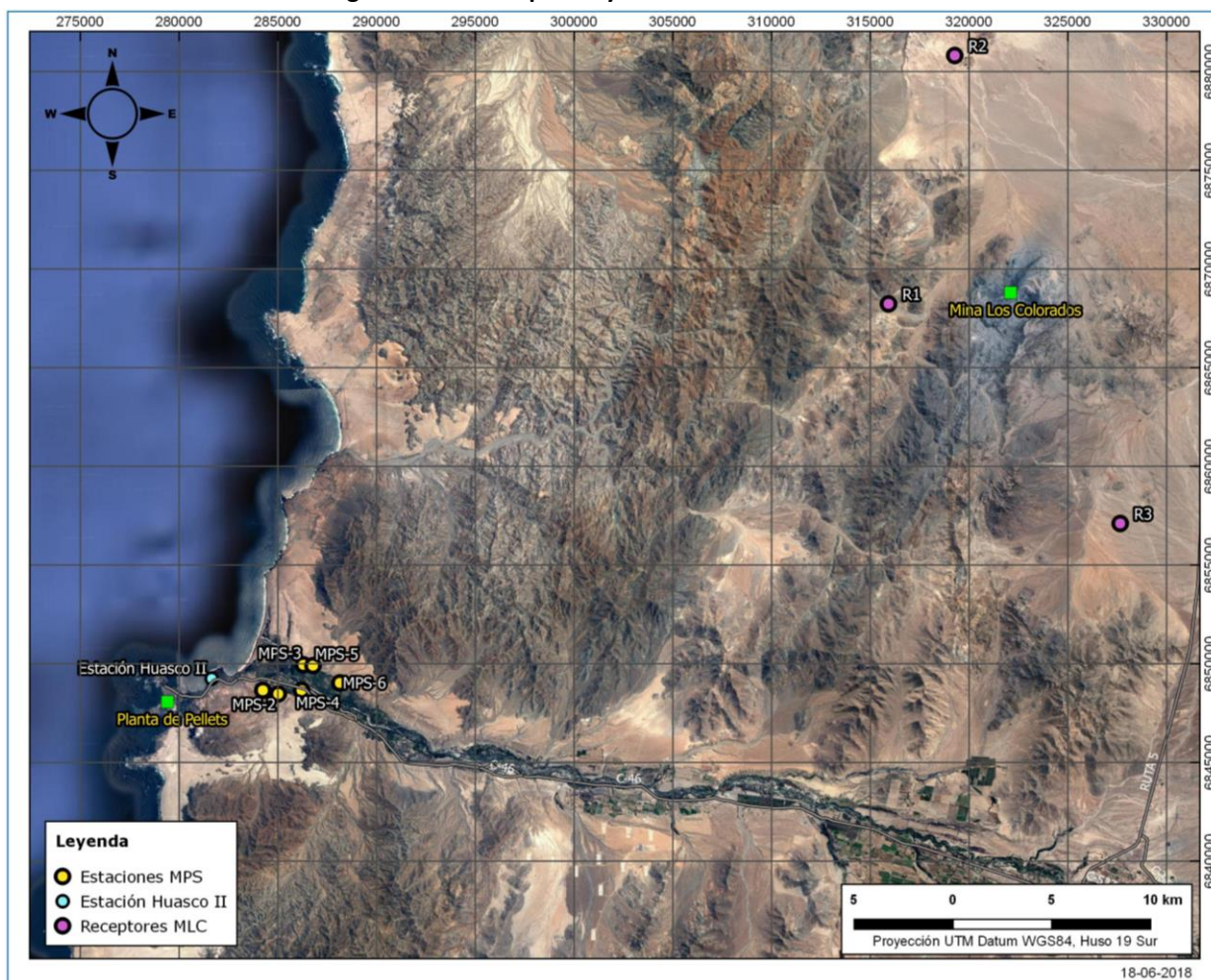
Controlar y mitigar las emisiones de material particulado (básicamente MPS) en un ambiente laboral y no generar impactos por material particulado respirable en el receptor sensible más cercano.

5.4.1.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Metodología para la cuantificación de aportes

Para la cuantificación de los efectos primero fue analizada la posibilidad de generación de emisiones adicionales debido a que no fueron adoptadas todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de MP en mina Los Colorados, para cada uno de los hechos constatados. Posteriormente fueron estimadas las eventuales emisiones adicionales generadas a raíz de los hechos constatados, que difieren de lo indicado y evaluado en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire. Finalmente, las emisiones adicionales estimadas fueron modeladas con el modelo SCREEN3, manteniendo la metodología utilizada en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”. Producto de la modelación fueron obtenidos aportes en calidad del aire para MP10 y MP2,5 en la estación de calidad del aire Huasco II y en tres receptores cercanos identificados, cuya distribución geográfica se presenta en la Figura 5-145. Los resultados obtenidos fueron comparados con la norma primaria de calidad del aire para material particulado.

Figura 5-145. Receptores y estaciones de monitoreo.



A continuación, se presenta la cuantificación de aportes en términos de emisiones y de calidad del aire, mediante modelación de dispersión de estas emisiones. Las emisiones estimadas, corresponden a las emisiones adicionales que fueron producidas a raíz de los hechos constatados, que difieren de lo indicado y evaluado en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”, y que pudieron producir algún efecto en términos de calidad del aire.

5.4.1.5 Estimación de emisiones

A continuación, se presenta la estimación de emisiones para cada uno de los hechos constatados.

- La correa N° 2741 -que transporta el preconcentrado desde la torre de carguío hacia los trenes que son cargados- no cuenta con sistema de humectación.**

Debido a la ausencia de esta medida de control de emisiones (sistema de humectación en correa N° 2741), se estima que pudieron producirse emisiones adicionales a las que se hubieran generado con este sistema de control operando. Para estimar los posibles efectos de estas emisiones adicionales, fue evaluado un escenario muy conservador, en donde se supuso que la medida de humectación tiene una eficiencia muy alta, de un 100%, y por tanto la totalidad de las emisiones producidas por la descarga de preconcentrado al tren, en ausencia de esta medida, corresponderían a emisiones adicionales.

La estimación de emisiones fue realizada con la metodología del documento EPA del AP42, Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006".

$$fe = 0,0016 * K * \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \left(\frac{kg}{t}\right)$$

En donde:

fe: factor de emisión por transferencia de material (kg/t)

U: Velocidad del viento (m/s)

M: Humedad del material (%)

K: Constante de tamaño de partícula $k_{MP30}=0,74$, $k_{MP10}=0,35$ y $k_{MP2,5}=0,053$

El nivel de actividad utilizado corresponde a la cantidad de preconcentrado aprobado ambientalmente para transporte en tren, es decir 9.150.000 (t/año). A continuación, en la Tabla 5-151 se reportan las emisiones estimadas y los parámetros utilizados.

Tabla 5-151. Emisiones estimadas por descarga de preconcentrado desde correa N°2741 en tren

t/año	U (m/s) *	M (%) *	Factor de emisión (kg/t)			toneladas/año		
			MP30	MP10	MP2,5	MP30	MP10	MP2,5
9.150.000	1,94	4	0,0004	0,0002	0,0000	3,49	1,65	0,25

* Fuente: EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados"

- ii. El sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719 -que conecta la planta de beneficio con el acopio principal que alimenta el carguío- y está conformado por 2 aspersores en serie no operativos.

Respecto al hecho "el sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719", se estima que se pudieron producir emisiones adicionales, a las que se hubieran generado con este sistema de control operando sobre la correa N°2741, sin embargo, este efecto fue estimado en el punto anterior.

iii. Caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719 con alta generación de material en suspensión.

Para estimar los posibles efectos de alta generación de material en suspensión, fue evaluado un escenario muy conservador, en donde se supuso que la totalidad de las emisiones producidas por la caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719, corresponderían a emisiones adicionales.

La estimación de emisiones fue realizada con la metodología del documento EPA del AP42, Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006".

$$fe = 0,0016 * K * \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \left(\frac{kg}{t}\right)$$

En donde:

fe: factor de emisión por transferencia de material (kg/t)

U: Velocidad del viento (m/s)

M: Humedad del material (%)

K: Constante de tamaño de partícula $k_{MP30}=0,74$, $k_{MP10}=0,35$ y $k_{MP2,5}=0,053$

El nivel de actividad utilizado corresponde a la cantidad de preconcentrado aprobado ambientalmente para transporte en tren, es decir 9.150.000 (t/año). A continuación, en la Tabla 5-152 se reportan las emisiones estimadas y los parámetros utilizados.

Tabla 5-152: Emisiones estimadas por descarga de preconcentrado desde correa N°2741 en tren

t/año	U (m/s) *	M (%) *	Factor de emisión (kg/t)			Emisiones (t/año)		
			MP30	MP10	MP2,5	MP30	MP10	MP2,5
9.150.000	1,94	4	0,0004	0,0002	0,0000	3,49	1,65	0,25

* Fuente: EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados"

iv. Inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles

Para estimar los posibles efectos de la inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles, fue evaluado un escenario en donde se supuso que la totalidad de las plataformas de descarga no cuentan con medida de humectación, y por lo tanto las emisiones de material particulado resuspendido, producto del tránsito de camiones de transporte de estériles, se producen sin medida de mitigación. En el EIA "Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados", se consideró que las plataformas contaban con medida de humectación, y esta poseía una eficiencia de 50%.

La estimación de emisiones fue realizada con la metodología indicada en el documento: “Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental”, para Resuspensión de polvo por circulación vehicular en caminos no pavimentados.

$$fe = k * \left(\frac{s}{12}\right)^a * \left(\frac{W}{2,72}\right)^b$$

Dónde:

k: constante de tamaño de partícula.

s: contenido de silt de la superficie del camino.

W: Peso promedio ponderado de la flota que circula por el camino.

a, b: constantes.

Los valores de los parámetros se indican a continuación.

Tabla 5-153: Valor de parámetros para emisión por Resuspensión de polvo por circulación vehicular en caminos no pavimentados

Tamaño de partícula	K	A	b
MP30	1.381,31	0,7	0,45
MP10	422,85	0,9	0,45
MP2,5	42,285	0,9	0,45

A continuación, se reportan las emisiones adicionales estimadas, producto de la resuspensión de polvo por circulación vehicular en caminos no pavimentados. Considerando que el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”, consideró un 50% en la eficiencia de la medida de humectación de caminos.

Tabla 5-154: Emisiones adicionales por tránsito de transporte de estéril en plataformas de botadero

					Factor de emisión (g/VKT)			Emisiones (t/año)		
Viajes/día (ida)	Distancia (km)	Distancia Total (km)	W (t)	S (%)	MPS	MP10	MP2,5	MPS	MP10	MP2,5
665	0,5 ⁽¹⁾	242.725	274 ⁽²⁾	5 ⁽²⁾	5.965	1.533	153,26	723,9	186,0	18,6

⁽¹⁾ Se considera una distancia de 500 metros recorridos sobre la plataforma (sin humectación).

⁽²⁾ Fuente de información EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”.

Modelación de dispersión de emisiones

La evaluación del aporte a las concentraciones de contaminantes se realizó manteniendo la metodología utilizada en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”, que corresponde a la utilización de un modelo screening, recomendado por la US EPA en su documento Apéndice W parte 51-40 CFR Directrices para Modelos de Calidad del Aire (Guideline on Air Quality Models). Para la modelación screening se utilizó el modelo SCREEN3 de la EPA, que corresponde a un modelo de dispersión gaussiano y que realiza cálculos de corto plazo (horarios).

Dependiendo del tipo de fuente considerada (puntual o de área), el modelo usa distintos datos de entrada. Los datos de entrada corresponden a las características de la fuente y de las emisiones (tasa de emisión, dimensiones de la fuente, entre otros), entregando como resultado, un listado con las concentraciones a nivel del suelo a diferentes distancias viento abajo de la fuente emisora.

Las concentraciones estimadas por el modelo SCREEN3 representan promedios horarios, por lo tanto, cuando se requieren resultados para diferentes periodos, es necesario aplicar un factor de ajuste. Los factores de ajuste indicados por la EPA¹²¹ corresponden a:

Tabla 5-155: Factor de ajuste para concentraciones de SCREEN3.

Periodo	Factor Corrección
24 horas	0,4
Anual	0,08

Los aportes en la calidad del aire fueron evaluados en cuatro receptores. A continuación, la Tabla 5-156 indica los receptores considerados y la distancia a la fuente emisora definida, que corresponde a Mina Los Colorados.

Tabla 5-156: Receptores definidos.

Receptor	Norte (UTM)	Este (UTM)	Descripción	Distancia a la fuente (m)
R1	6.868.232	315.923	Faena Minera Astilla. Camino de tierra, Ruta C-456. Poblado junto a faena minera.	6.200
R2	6.880.815	319.274	Conjunto de casas (construcciones de 1 piso) a 980 m de Ruta C-440.	12.000
R3	6.857.105	327.652	3 construcciones ubicadas a 2,5 km de Ruta C-440. Medición en portón de acceso a predio.	13.000
R4	6.849.068	281.593	Estación Huasco II	43.000

Las emisiones modeladas corresponden a las emisiones adicionales totales estimadas, producto de los hechos i, ii, iii y iv. Estas emisiones fueron ingresadas en un polígono de 1.200 metros por 3.100 metros, que abarca la ubicación de las plataformas de los botaderos y la planta de procesos, en donde se estima que pudieron ser generadas las emisiones adicionales estimadas. A continuación, la Tabla 5-157 presenta las emisiones ingresadas en el modelo SCREEN3.

Tabla 5-157: Emisiones a modelar (t/año)

Fuente emisora	MP30	MP10	MP2,5
Camiones plataforma botadero	607,60	186,00	18,60

¹²¹

Documento: "SCREEN3, Stationary Source Modeling Guidance" – EPA.

Fuente emisora	MP30	MP10	MP2,5
Correa N 2741 Descarga en tren	3,49	1,65	0,25
Correa N 2719 descarga en Stock	3,49	1,65	0,25
Total	614,57	189,30	19,10

En el modelo SCREEN3 fue seleccionada la estabilidad clase B, una velocidad del viento promedio de 1,94 m/s, que corresponde a la velocidad indicada en el EIA “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”. La Tabla 5-158 indica los aportes en calidad del aire estimados por el modelo SCREEN3 en los receptores cercanos, y la Tabla 5-159 indica el porcentaje respecto de las normas que representan estos aportes.

Tabla 5-158: Aportes en calidad del aire producto de las emisiones adicionales estimadas

Receptor	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Promedio ⁽¹⁾ Anual MP10	Promedio ⁽²⁾ Diario MP10	Promedio ⁽³⁾ Anual MP2.5	Promedio diario ⁽⁴⁾ Diario MP2.5
R1	0,15	0,75	0,02	0,08
R2	0,10	0,52	0,01	0,05
R3	0,10	0,49	0,01	0,05
R4	0,04	0,19	0,00	0,02

⁽¹⁾ Promedio anual MP10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽²⁾ Percentil 98 diario MP10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽³⁾ Promedio anual MP2,5 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

⁽⁴⁾ Percentil 98 diario MP2,5 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

Tabla 5-159: Aportes respecto de normas producto de las emisiones adicionales estimadas

Receptor	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Promedio ⁽¹⁾ Anual MP10	Promedio ⁽²⁾ Diario MP10	Promedio ⁽³⁾ Anual MP2.5	Promedio diario ⁽⁴⁾ Diario MP2.5
R1	0,30%	0,50%	0,08%	0,15%
R2	0,21%	0,34%	0,05%	0,10%
R3	0,20%	0,33%	0,05%	0,10%
R4	0,08%	0,13%	0,02%	0,04%

⁽¹⁾ Promedio anual MP10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽²⁾ Percentil 98 diario MP10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽³⁾ Promedio anual MP2,5 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

⁽⁴⁾ Percentil 98 diario MP2,5 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

5.4.1.6 Conclusiones

Los aportes obtenidos para material particulado respirable (MP10 y MP2,5) en los receptores más cercanos, así como en estación Huasco II, producto de las emisiones adicionales estimadas, representan valores poco significativos respecto de las normas y más aún están dentro del rango de error de los equipos de monitoreo.

Las emisiones adicionales estimadas, generaron aportes de material particulado (MP10 y MP2,5) inferiores al 1% de las normas de calidad del aire para MP10 y MP2,5. Fueron estimados aportes máximos de 0,5% para el percentil 98 diario de MP10 y de 0,15% para el percentil 98 diario de MP2,5, para el receptor R1, que corresponde al receptor más cercano a las fuentes emisoras (6,2 km). En la estación de calidad del aire Huasco II, ubicada aproximadamente a 43 km de Mina Los Colorados, los aportes estimados en calidad del aire son cercanos a 0.

Por lo tanto, las emisiones adicionales implican un aumento en el aporte a la calidad del aire, respecto de lo aprobado ambientalmente en la RCA N°246/2010 y RCA N°4/1997, los que se resumen a continuación, junto a las emisiones estimadas para cada hecho.

Tabla 5-160. Emisiones estimadas por hecho infraccional.

Hecho	Emisiones (toneladas/año)		
	MP30	MP10	MP2,5
i	3,49	1,65	0,25
ii	NE	NE	NE
iii	3,49	1,65	0,25
iv	723,9	186	18,6
Total	730,9	189,3	19,1

NE. Se estima que no fueron generadas emisiones adicionales por el hecho.

Tabla 5-161. Aportes a la calidad del aire estimadas por hechos infraccionales.

Receptor	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Promedio ⁽¹⁾ Anual MP10	Promedio ⁽²⁾ Diario MP10	Promedio ⁽³⁾ Anual MP2.5	Promedio diario ⁽⁴⁾ Diario MP2.5
R1	0,15	0,75	0,02	0,08
R2	0,10	0,52	0,01	0,05
R3	0,10	0,49	0,01	0,05
R4	0,04	0,19	0,00	0,02

⁽¹⁾ Promedio anual MP10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽²⁾ Percentil 98 diario MP10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 59/98

⁽³⁾ Promedio anual MP2,5 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

⁽⁴⁾ Percentil 98 diario MP2,5 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - D.S. N° 12/11

Efectos asociados a aportes

Los aportes obtenidos para material particulado respirable (MP10 y MP2,5) en los receptores más cercanos, así como en estación Huasco II, producto de las emisiones adicionales estimadas, representan valores poco significativos respecto de las normas y más aún están dentro del rango de error de los equipos de monitoreo.

Las emisiones adicionales estimadas, generaron aportes de material particulado (MP10 y MP2,5) inferiores al 1% de las normas de calidad del aire para MP10 y MP2,5. Fueron estimados aportes máximos de 0,5% para el percentil 98 diario de MP10 y de 0,15% para el percentil 98 diario de MP2,5, para el receptor R1, que corresponde al receptor más cercano a las fuentes emisoras (6,2 km). En la estación de calidad del aire Huasco II, ubicada aproximadamente a 43 km de Mina Los Colorados, los aportes estimados en calidad del aire son cercanos a 0.

*En relación al **considerando 33 de la Resolución N°13 de octubre 2018** que indica “En términos generales, en relación con los Hechos infraccionales N° 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se solicita incorporar antecedentes relativos a la salud de las personas que habitan en la zona circundante a Mina Los Colorados, Planta de Pellets y a la vía férrea que une a ambas unidades operativas, tales como las enfermedades respiratorias registradas en la zona, que permitan descartar los eventuales impactos a dicho bien jurídico protegido (por ejemplo, según lo realizado respecto del Hecho infraccional N° 3); en el evento que se confirme un efecto derivado de la actividad de CMP en este ámbito, se deben proponer las acciones respectivas.”*

Por otra parte, en todos los cargos en que se identifica la emisión de material particulado como una consecuencia derivada del hecho infraccional (N° 4 a 10), debe precisarse que el cumplimiento de la norma de calidad no es el indicador más idóneo para determinar la existencia o inexistencia de dicho efecto en grupos poblacionales concretos, según se ha establecido en la descripción de efectos negativos producidos por la infracción (v.gr., en Hecho Infraccional N° 6, en que se señala: “Se puede concluir que el efecto producido por el aumento de la fracción respirable del material particulado por sobre lo evaluado (...) no representa un aumento significativo del riesgo en la salud de la población, toda vez que no se modifica la condición establecida por las normas primarias”), la respuesta y análisis se presenta en el Hecho N°1.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que el cargo N°9 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, no genera efectos.

5.4.2 HECHO 11:

No se ha construido un canalón de encauzamiento de aguas en el botadero de estériles de Mina Los Colorados para un evento centenario.

5.4.2.1 Descripción del Hecho

En cumplimiento de lo indicado en la Resolución Exenta N° 1/D-002-2018, a continuación, se evalúa los potenciales efectos derivados del incumplimiento de lo dispuesto en la exigencia contenida en el considerando 13.2. Permiso Ambiental Sectorial del Artículo 88 permiso del RSEIA para establecer un apilamiento de residuos mineros a que se refiere el inciso 2º del artículo 233 y botaderos de estériles a que se refiere el artículo 318, ambos del D.S. N° 72/85 del Ministerio de Minería, Reglamento de Seguridad Minera de la RCA N°246/2010.

5.4.2.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°11, se estiman infringidos los siguientes considerandos de la RCA 246/2010 y normas que a continuación se transcriben en sus partes pertinentes:

- **Considerando 13.2 Permiso Ambiental Sectorial Artículo 88:** (...) Finalmente, se proyectó un canalón de encauzamiento de aguas, para cumplir con la función principal de encauzar el escurrimiento natural de un evento de 100 años, que además mantiene la condición natural de drenaje de la zona y evita una posible socavación a que se pudieran ver expuestos los taludes de los botaderos. La situación final se muestra en la figura 1.2.4. del anexo 2 de la adenda 2.

5.4.2.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

Para este caso particular, se analizan los posibles efectos originados producto de la infracción asociada al Cargo 11 que está expresado de la siguiente manera:

“No se ha construido un canalón de encauzamiento de aguas en el botadero de estériles de Mina Los Colorados, para un evento centenario”.

La medida infringida se refiere a la RCA N°246/2010, considerando 13.2:

“Cumplimiento: El proyecto requiere apilar residuos mineros, específicamente depósitos de estériles en Mina Los Colorados en las extensiones Noreste y Suroeste. Los futuros botaderos Noreste y Suroeste almacenarán los materiales estériles provenientes de la mina en cantidades de unos 400 y 600 millones de toneladas respectivamente. El botadero Noreste, es el que alcanzará mayor altura, unos 136 metros en los perfiles P-1 y P-3. Por su parte el botadero Suroeste alcanzará una altura máxima en torno a los 108 metros en el perfil P-5 (ver figura 1 del anexo 7 de la adenda 1). Para cuantificar la capacidad autosoportante de los depósitos de estéril, se realizó un análisis por medio de la técnica de equilibrio límite con el software SLIDE versión 5, para los perfiles P1 al P-3 del botadero Noreste y los perfiles P4 y P-5 del botadero Sur-Oeste; se adjunta Informe con Análisis de Estabilidad a Botaderos, estos nuevos depósitos se insertan en áreas para las cuales se solicitará su cambio de uso de suelo, a través del Permiso Ambiental Sectorial del RSEIA N° 96.

Con motivo de la ampliación de su faena minera, la empresa inicialmente había proyectado la ampliación de la zona definida para botaderos, según se muestra en la figura N° 1.2.2 del anexo 2 de la adenda 3, posteriormente, y **como una forma de minimizar el impacto que pudiera ocurrir en la zona de escurrimiento de la quebrada Los Colorados**, se optó por reducir la proyección oeste del emplazamiento de los botaderos, por uno que redujese el área a ocupar, lo que finalmente se tradujo en una reubicación tal como se muestra en la figura 1.2.3 del anexo 2 de la adenda 3. **Finalmente, se proyectó un canalón de encauzamiento de aguas, para cumplir con la función principal de encauzar el escurrimiento natural de un evento de 100 años, que además mantiene la condición natural de drenaje de la zona y evita una posible socavación a que se pudieran ver expuestos los taludes de los botaderos**. La situación final se muestra en la figura 1.2.4 del anexo 2 de la adenda 2" (lo subrayado es nuestro).

De lo anterior se desprende que el cumplimiento de construir el canalón se enmarca en el acatamiento del Reglamento de Seguridad Minera, al plantearlo como una obra de ingeniería diseñada a efecto de encausar eventos de caudales extremos (de período de retorno de 100 años), que mantenga el drenaje natural de las aguas y prevenga o evite la exposición de los taludes de los botaderos y efectos de socavación al pie de taludes. Es decir, el objeto de protección está asociado directamente con la seguridad de las obras del proyecto, en este caso con los taludes de los botaderos.

En este contexto, se identifica como efecto de la omisión de llevar a cabo la implementación del canalón, el potencial riesgo de socavación de taludes de los botaderos y la afección del escurrimiento natural en el caso de un evento de período de retorno de 100 años.

En mérito de lo antes expuesto, el objetivo ambiental de la condición y medida infringida dice relación con la protección del recurso hídrico y la eventual afectación del escurrimiento natural de las aguas.

5.4.2.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Con relación al efecto ambiental de mantener la condición natural de drenaje de la zona, cabe precisar que el solo hecho de no haberse concretado la construcción del canalón y por ende no haberse intervenido el cauce, sumado a que el crecimiento de los botaderos aún no las afecta, permite asegurar que se ha mantenido el libre escurrimiento de las aguas en el cauce de la quebrada Los Colorados.

Respecto del aseguramiento de las obras del proyecto, en caso de un eventual socavamiento de los botaderos de estériles, ello se fundamenta sobre tres argumentos técnicos:

- El primero de ellos dice relación con la sobreestimación de los caudales en el EIA.
- El segundo dice relación con el desarrollo de precipitaciones extremas ocurridas en marzo de 2015 sin consecuencias en los botaderos.
- El tercero dice relación con el avance en el crecimiento de los botaderos, lo que a la fecha los posiciona lejos del alcance de las aguas de la quebrada Los Colorados.

Sobrestimación de los caudales de crecida en el EIA

En lo relativo a la sobreestimación de los caudales extremos, cabe mencionar que si bien es cierto en el EIA se planteó una medida constructiva (canalón), para asegurar que las aguas de escurrimiento natural durante eventos extremos, no generasen socavación de los taludes de botaderos para un período de retorno de 100 años, la sección natural del cauce de la quebrada Los Colorados (sin proyecto de canalón), es suficiente para evacuar una crecida centenaria, sin riesgo de socavación de los taludes de los botaderos. En efecto, cabe mencionar que en el cálculo de los caudales de crecida para el diseño del canalón se utilizaron tres metodologías de cálculo descritos en “Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica” (MOP, DGA, 1995), DGA-AC, Verni y King, Modificados y Fórmula Racional, adoptándose como criterio conservador la elección de los caudales de crecida más altos que en este caso entregaba la metodología de la Formula Racional.

$$Q = \frac{C^T \cdot I_{te}^T \cdot A}{3,6} \quad (m^3 / s)$$

Donde,

C: es coeficiente de escorrentía.

I: la Intensidad de la lluvia.

A: el área de la cuenca aportante.

Así, los caudales de diseño para distintos períodos de retorno resultaron ser los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 5-162: Caudales EIA.

T (años)	Q (m³/s)
2	1.253
5	2.637
10	3.691
20	5.027
50	7.020
100	8.659

Cabe mencionar que para el caso de la Formula Racional, el caudal resulta ser proporcional al tamaño de la cuenca aportante, y que, por lo tanto, se sobrestimo el caudal al considerarse en el cálculo la superficie de la cuenca de Llanos Chacritas y Las Campanas (343 km²), en circunstancias que la cuenca aportante a la quebrada Los Colorados, es una subcuenca de la cuenca de Llanos Chacritas y Las Campanas que posee un área considerablemente menor.

En efecto, los cálculos hidrológicos muestran que los caudales de crecida asociados a la cuenca aportante de la quebrada Los Colorados se originan en 7 subcuencas (Figura 5-146), cuyos parámetros morfológicos se presentan en la siguiente tabla:

Figura 5-146: Cuencas aportantes al cauce de quebrada Los Colorados

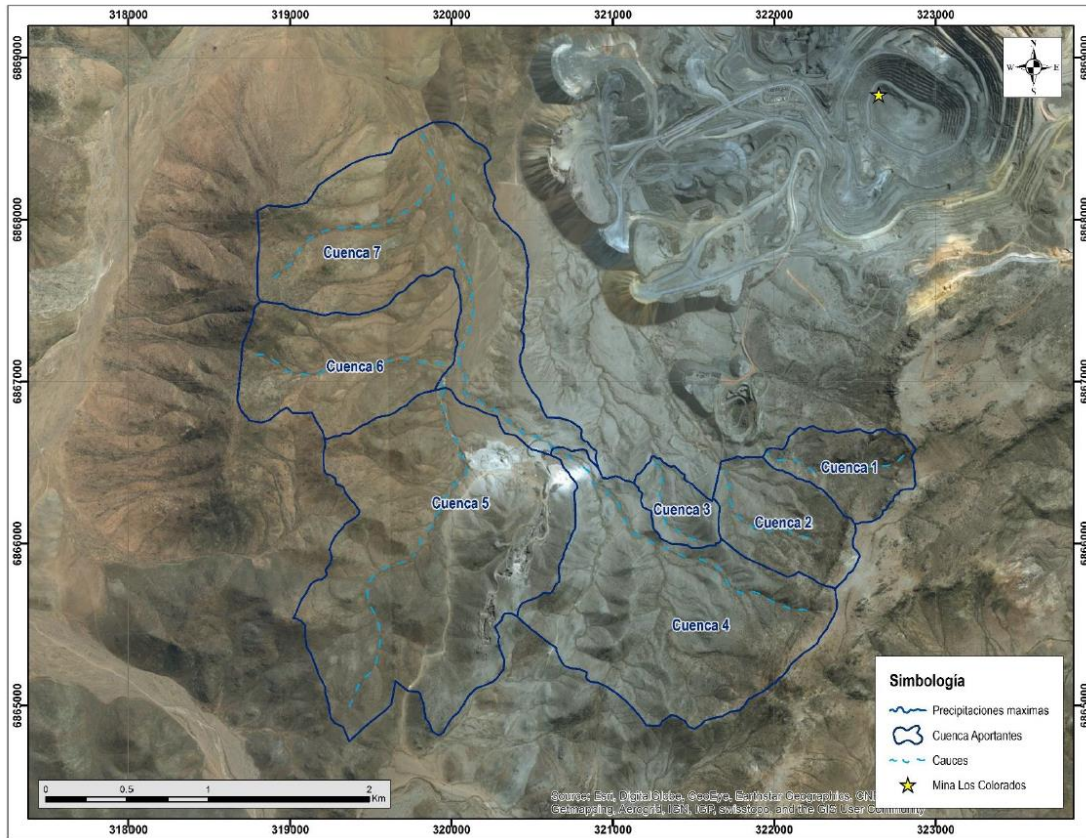


Tabla 5-163: Parámetros Morfológicos de las cuencas aportantes al cauce en la quebrada los Colorados.

Parámetro	Cuenca						
	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5	Cuenca 6	Cuenca 7
Área [km ²]	0.349	0.483	0.187	1.730	2.408	0.920	1.739
Elevación Mínima [m]	554.22	517.78	488.56	478.33	453.44	436.56	416.00
Elevación Máxima [m]	785.67	766.33	583.56	785.78	610.33	716.33	718.78
Elevación Media [m]	672.55	624.08	530.71	597.49	516.13	527.63	477.03
Pendiente [%]	33.36	26.51	17.76	23.67	19.23	23.22	15.84
Largo Cauce [km]	0.940	0.868	0.724	2.030	2.359	1.274	2.406
Centroide Salida cuenca-cauce [Km]	0.569	0.628	0.333	1.165	1.167	0.636	0.918
Lat Centroide [°]	-28.32	-28.32	-28.32	-28.32	-28.32	-28.31	-28.30
Long Centroide [°]	-70.81	-70.81	-70.82	-70.82	-70.84	-70.84	-70.84

Así, el cálculo de caudales de crecida para distintos períodos de retorno en la quebrada Los Colorados se resume en los valores presentados en la siguiente tabla:

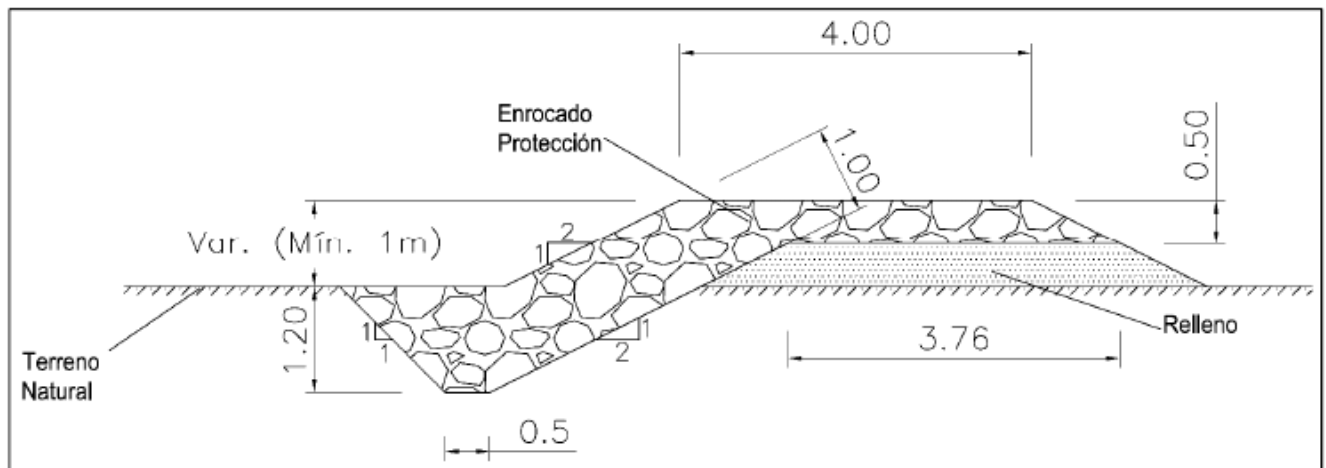
Tabla 5-164: Caudales máximos instantáneos en quebrada Los Colorados (Método Racional)

Cuenca	Caudales [m ³ /s]							
	T=2	T=5	T=10	T=20	T=25	T=50	T=100	T=200
1	0.007	0.014	0.021	0.028	0.031	0.040	0.049	0.060
2	0.010	0.021	0.030	0.041	0.046	0.059	0.072	0.088
3	0.003	0.008	0.011	0.015	0.016	0.021	0.026	0.032
4	0.022	0.049	0.069	0.095	0.104	0.134	0.165	0.202
5	0.024	0.054	0.077	0.106	0.117	0.150	0.186	0.226
6	0.015	0.033	0.047	0.065	0.071	0.091	0.113	0.138
7	0.057	0.126	0.178	0.246	0.270	0.347	0.429	0.523

Tal como se puede apreciar de la suma de los aportes de cada una de las 7 subcuencas, el caudal de crecida centenario aportante al punto de descarga en la quebrada Los Colorados, alcanza a 1,04 m³/s, lo que difiere mucho del valor estimado en el EIA 8,659 m³/s calculado utilizando el área de la cuenca de Llanos Chacritas y Las Campanas.

En tal sentido, correspondería evaluar el escurrimiento de la crecida centenaria en la quebrada Los Colorados para un caudal de 1,04 m³/s con relación a un eventual efecto en la socavación de los taludes de los botaderos. Para tal efecto, se ha procedido a evaluar/verificar el comportamiento hidráulico mediante el software HECRAS, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, en el escenario en que no se interviene el lecho del cauce y solo se construye un enrocado de protección en la margen oriental quebrada Los Colorados de altura variable mínima de 1 m y taludes con una inclinación de 2(H):1(V) en el tramo en el que esta se desarrolla frente al emplazamiento de los botaderos (Figura 5-147).

Figura 5-147: Enrocado de protección del cauce de la quebrada Los Colorados



La evaluación de los resultados del cálculo de ejes hidráulicos (Anexo 12), permite concluir que la altura máxima de agua alcanzada en el cauce de la quebrada Los Colorados para un caudal de período de retorno de 100 años es de 0,29 m. La verificación del eje hidráulico para un caudal de período de retorno de 200 años muestra que la altura máxima alcanzada por el nivel de aguas es de 0,3 m. En consecuencia, se puede concluir que el cauce de la quebrada Los Colorados es capaz de evacuar crecidas de importancia sin alcanzar alturas de agua significativas. Lo anterior, permite reforzar el hecho que en la actualidad los taludes no muestren problemas de estabilidad de sus taludes debido a socavación causada por la escorrentía de las aguas en la quebrada.

Desarrollo de precipitaciones extremas ocurridas en marzo de 2015 sin consecuencias en los botaderos

Como elemento adicional a las discretas alturas de agua alcanzadas en la quebrada Los Colorados producto de crecidas de importancia, se debe hacer presente que, en marzo de 2015 a raíz de intensas precipitaciones en la región, CMP a requerimiento de la Superintendencia de Medio Ambiente, informó la situación en la que se encontraban sus distintas faenas/operaciones indicando en el caso de Mina Los Colorados lo siguiente:

“En Mina Los Colorados el comportamiento de los acopios de mineral (producto) o rechazos planta y los botaderos de la mina y sus caminos interiores, no han sufrido daños ni colapsos que hayan generado la activación de los planes de contingencia ambiental de la faena. En las quebradas cercanas y al interior de la faena no se han generado escurrimientos de agua ni de lodos.

La situación de equipos, instalaciones y operación en esta faena es normal. Mina Los Colorados no cuenta con un depósito de relaves”.

Lo anterior representa una prueba concreta de que ante eventos extremos de precipitación como los ocurridos en 2015, los botaderos de mina Los Colorados no han sufrido daños ni colapsos, y menos aún se

afectó el escurrimiento natural de las aguas, ratificando de esta manera que ante dichos eventos los caudales de crecida en la quebrada Los Colorados no han representado a la fecha un riesgo para los botaderos.

Desarrollo de los botaderos

Un antecedente que también debe tenerse presente es el hecho de que el avance que ha tenido el crecimiento de los botaderos los posiciona actualmente alejados del cauce de la quebrada Los Colorados y a resguardo del riesgo de ser afectados por socavación al pie de taludes.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°11 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, no genera efectos.

5.4.3 HECHO 13:

No se han implementado todas las medidas comprometidas para la protección del hábitat de la fauna en sector de Mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos:

- i) La relocalización de especies de herpetofauna en un área que comprende aproximadamente 40 hectáreas de superficie que no fue evaluada ni aprobada ambientalmente para realizar dicha medida, desconociéndose -además- el número de individuos relocalizados en ella.*
- ii) El relleno sanitario de mina Los Colorados no se encuentra cerrado en la parte contigua a la ladera del cerro, verificándose huellas y fecas de cánidos en el área de dicho relleno.*

5.4.3.1 Descripción del Hecho

Según se indica en la Formulación de cargos, este hecho infraccional se refleja expresamente en el considerando 64.3 indicado a continuación:

Considerando 64.3

Con relación a la protección del hábitat para la fauna, se constató: (i) que el relleno de la faena no se encuentra cercado en la parte contigua a la ladera del cerro, verificándose huellas y fecas de cánidos en el área de dicho relleno, y ii) que se relocalizaron especies de herpetofauna en un área que comprende aproximadamente 40 ha de superficie que no fue evaluadas ni aprobadas ambientalmente para realizar dicha medida, desconociéndose-además- el número de individuos relocalizados en ella.

Adicionalmente, se presenta la descripción del hecho infraccional N°13, cuyo texto ha sido extraído íntegramente del Informe de Fiscalización Ambiental FA DFZ-2017-165-III-RCA-IA, desde la página 32 y 33 relativo al punto ii) del hecho 13 y las páginas 37 a 39 relativo al punto i) del hecho 13.

Respecto del punto i) se indica:

*“• **Monitoreo de herpetofauna:** (...) se desconoce la fecha en la cual fue realizada esta medida. En cuanto a la superficie liberada, el Titular señala haber realizado captura de herpetofauna en tres Sitios correspondientes a los sectores de ampliación de los botaderos, de los cuales sólo se entrega georreferenciación del punto central de cada uno de ellos. Del Área de Relocalización, el informe entrega la georreferenciación de un polígono de superficie aproximada de 62 ha, que al ser comparado con el Sitio de Relocalización establecido en el Adenda 2 de la RCA N° 246/2010 (Registro 4 y 5), se observa que si bien existe una superficie de aproximadamente 19 ha que coinciden, existen 40 ha que no fueron evaluadas ambientalmente ni aprobadas para la relocalización de ejemplares y de la cual además se desconoce el número de individuos relocalizados en ella ya que la información entregada respecto a la liberación de los 4 ejemplares de la especie *Callopistes maculatus* corresponde a la imagen N° 2 del Informe, sin adjuntar georreferenciación de estos puntos. El Titular cumple con realizar el Rescate y Relocalización de ejemplares de herpetofauna. No obstante, no es posible determinar si las condiciones en que fue aprobada esta medida de mitigación fueron respetadas durante su implementación ya que no se cuenta con la georreferenciación correspondiente a la liberación de los ejemplares de herpetofauna que pudiese descartar liberación en sectores del Sitio destinado para ello pero que no fueron establecidas en la adenda 2. El relocalizar ejemplares en áreas que no fueron evaluadas ni aprobadas durante el proceso que resulta en la aprobación de la Resolución de Calificación Ambiental puede significar finalmente un detrimento en la sobrevivencia de los individuos relocalizados...”*

Respecto del punto ii) del cargo 13, el informe de fiscalización ambiental FA DFZ-2017-165-III-RCA-IA, indica:

*“• **Estación 10:** Se verificó la existencia de cercado del relleno sanitario sólo en su parte inferior (coordenadas: 6.867.064 N, 321.697 E) estando la parte alta contigua a la ladera del cerro sin cerco. Al momento de la inspección el relleno sanitario se encuentra cubierto. Se constata la existencia de huellas y fecas de cánidos en toda el área del relleno sanitario, según lo informado por el Sr. Marco Torres, Supervisor, se trata de zorros (*Lycalopex sp*) (Fotografías 35, 36, 37 y 38) ...”*

*“...**Análisis de la Inspección Ambiental:** Por otra parte, en cuanto a las condiciones de cierre del relleno sanitario, el Servicio en comento señaló que “El cerco del relleno sanitario no se encuentra cerrado por todo el perímetro de este. Solo existe en su límite inferior, extendiéndose por 180 m aproximadamente” ...*

5.4.3.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

Las condiciones, normas y/o medidas eventualmente infringidas asociadas a la infracción N° 13, se tiene para el hecho 13 i) lo indicado en el considerando 13.7 de la RCA N°246/2010, asociado al Permiso Ambiental Sectorial Artículo 99 que indica:

*“Se rescatarán ejemplares de especies catalogados en peligro de extinción y vulnerables, que presenten baja movilidad, como el *Callopistes palluma*, con el fin de disminuir las probabilidades de repoblamiento de los sectores liberados, el rescate será efectuado 10 días previos al inicio de las obras...”*

- *Pregunta 3.5, Adenda 2, “Rescate de fauna”: “A continuación se adjunta figura con polígono del área donde se realizará la relocalización de la fauna silvestre (...)*

Punto	Datum WGS84 Huso 19	
	UTM E	UTM N
Vértice 1	325.399	6.867.413
Vértice 2	325.452	6.866.111
Vértice 3	323.692	6.868.245
Vértice 4	323.692	6.868.245

Y para el hecho 13 ii), a las normas y/o medidas infringidas del ICE de la RCA N°04/1997, que indica en *Tabla s/n, Numeral 4.2: En relación con las “Medidas de Mitigación de Fauna y Flora”*. *“El relleno sanitario se cercará y cubrirá periódicamente para evitar la intrusión de animales”*.

5.4.3.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones y normas infringidas se relacionada directamente con el seguimiento y monitoreo de la componente ambiental fauna terrestre y alteración de hábitat para fauna.

En este sentido, y en forma general el monitoreo de este componente y las medidas que se han descrito para su protección, son la medida de rescate y relocalización de especies, que tiene como propósito el establecer la protección de éstas y realizar medidas de seguimiento que eventualmente permitan identificar la necesidad de implementar otras medidas adicionales, de ser necesario; y el cercado del relleno sanitario tiene como objetivo evitar la intrusión de cánidos y así evitar el acostumbamiento e impronta de estos.

5.4.3.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Cargo 13, punto (i)

De acuerdo con lo señalado en el cargo 13, punto (i) de la RCA N°246/2010, con respecto a la falta de evaluación y aprobación del área de relocalización, así como la información de los individuos relocalizados, se indica lo siguiente:

El detalle de las actividades de la medida de rescate y relocalización se especifica en el informe de antecedentes del PAS 99 ingresado en el EIA y/o en los procesos de Adenda previo RCA, documentos en los cuales se determina y/o caracteriza el área de relocalización de los individuos.

Posterior a la obtención de la RCA, el PAS 99 debe ser solicitado y gestionado con el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) a partir de una solicitud de captura. En esta solicitud, el SAG evalúa los antecedentes acerca de los lugares de captura, así como los de relocalización, entre otras consideraciones. Una vez con los antecedentes aprueba o rechaza la captura y relocalización en las áreas señaladas mediante una Resolución Exenta.

En la Resolución Exenta se solicita una serie de cumplimientos relacionados a la medida, entre los cuales se encuentra informar a la autoridad las especies, número de individuos relocalizados y ubicación de relocalización de estos. Así mismo, se solicita relocalizar a los individuos en áreas con similares características ecológicas al área de captura.

Para determinar la magnitud y reconocer el efecto relacionado al cargo 13 punto (i), el enfoque metodológico consideró, realizar una revisión de los antecedentes asociados al área de relocalización y a partir de esto generar una tabla que permita cuantificar y calificar el efecto a considerar.

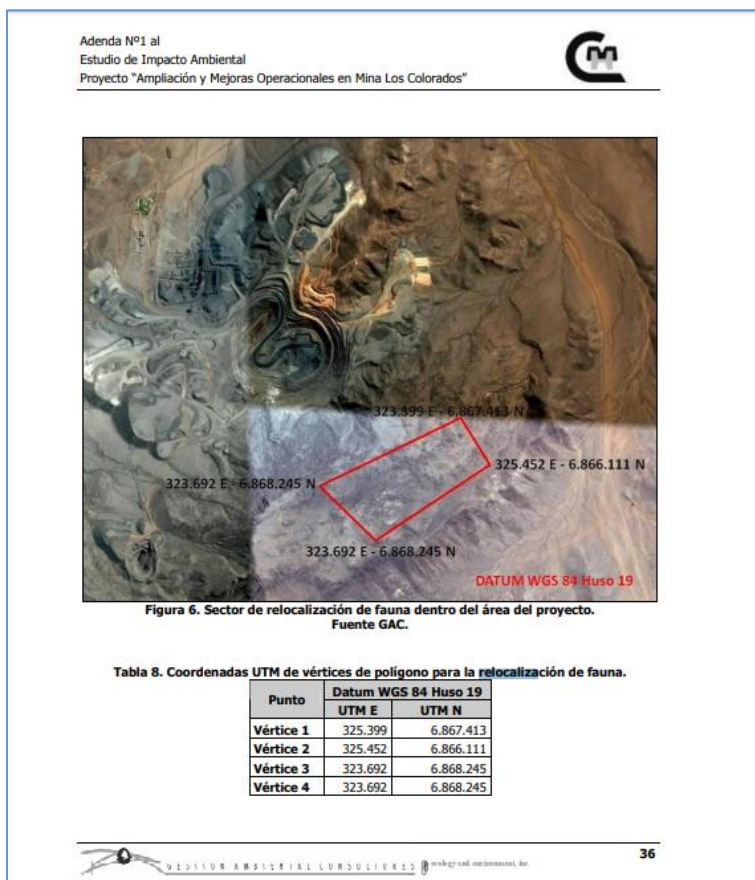
- Revisión de antecedentes

La revisión consideró el proceso de evaluación ambiental asociado al área de relocalización, las gestiones asociadas a los permisos para realizar las actividades de rescate y relocalización, y la entrega de información a la autoridad, como se desarrolla a continuación.

- Proceso de evaluación ambiental asociado al área de relocalización

En el EIA del Proyecto, en Anexo 3.5.PAS 99. Rescate y Relocalización, se indican someramente algunas de las características que tendría el área de relocalización de las especies objetivo, por lo que en el primer ICSARA, observación 3.3 d. se señala “En cuanto al área de relocalización para el rescate de la fauna, el Titular deberá adjuntar el polígono destinado para tal efecto, de manera que este Servicio pueda evaluar su pertinencia”. A lo cual se responde en la Adenda N°1, adjuntando la figura con polígono del área donde se realizará la relocalización de fauna silvestre, así como una tabla con sus coordenadas. Sin embargo, las coordenadas entregadas en la tabla no son concordantes con la ubicación del polígono indicado en la figura (Figura 5-148), ya que los vértices 3 y 4 tienen exactamente la misma coordenada.

Figura 5-148. Información entregada en adenda N° 1 respecto del área de relocalización de fauna.

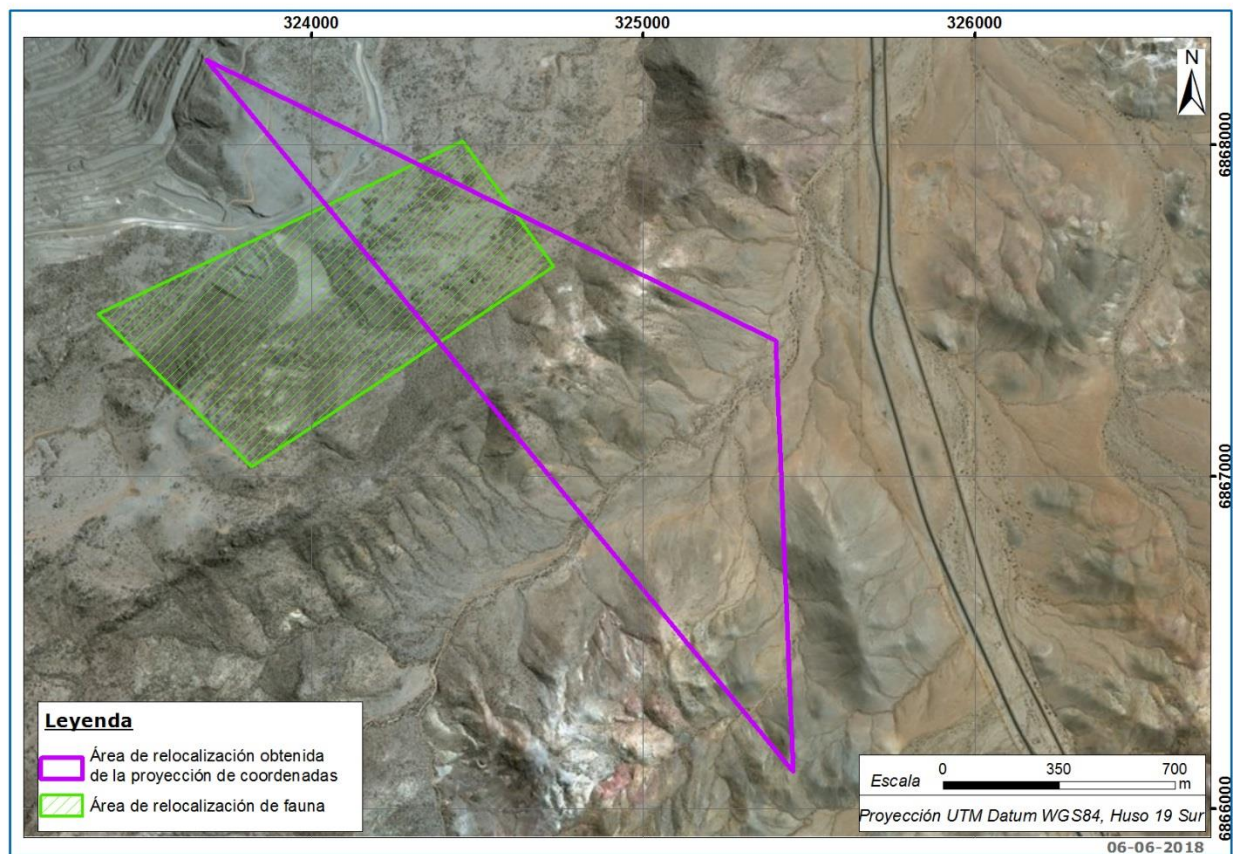


Fuente: Figura 6 de Adenda N°1 al EIA proyecto "Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados".

Por lo anterior, en el segundo ICSARA en la observación 3.5 se señala "En cuanto al área de relocalización para el rescate de fauna, el Titular debe adjuntar nuevamente las coordenadas UTM del polígono destinado para tal efecto, debido a que la información entregada en Adenda N°1 no permite determinarlo". A lo cual se responde en la Adenda N°2 adjuntando nuevamente la misma figura y tabla señaladas anteriormente, y por tanto con el mismo error. Adicionalmente, en el mismo numeral 3.5 PAS 99 también se entrega las características vegetacionales del área de relocalización (considerando el polígono de la figura), así como la similitud con el área de captura para demostrar la idoneidad del lugar escogido para relocalizar la fauna, dando cumplimiento a lo solicitado por los organismos competentes en la mencionada Adenda.

En el tercer ICSARA no se vuelve a preguntar por esta inconsistencia, lo cual se ve reflejado en el documento de la RCA N°246/2010, punto 13.7 Permiso Ambiental Sectorial Artículo 99, que considera la tabla y figuras presentadas en Adenda N°1 y Adenda N°2.

Figura 5-149. Área de relocalización presentadas en las figuras de la adenda N°1 y N°2 (área verde) y proyección de las coordenadas entregadas en la tabla de la adenda N°1 y N°2 (línea morada).



Fuente: GAC.

- Permisos para realizar actividades de rescate y relocalización

En vista a la necesidad de efectuar la medida de rescate y relocalización, se realizan las solicitudes de captura al Servicio Agrícola y Ganadero. En la Solicitud de captura, del 21 de octubre 2012, para indicar el lugar de destino de los animales solo se incluye la imagen del área de captura indicada en Adenda N°1 y Adenda N°2, pero sin coordenadas, ni tampoco una tabla. Esta solicitud es aprobada en Resolución Exenta N° 6839/2012. Luego, en la Solicitud de Captura, del 17 de octubre 2015, para el lugar de destino de los animales se refiere al punto 7.4 del Anexo 3.5 del EIA, documento en el cual no se entrega tabla ni figura del área de relocalización. Esta solicitud es aprobada en Resolución Exenta N° 14/2015.

- Entrega de información a la autoridad

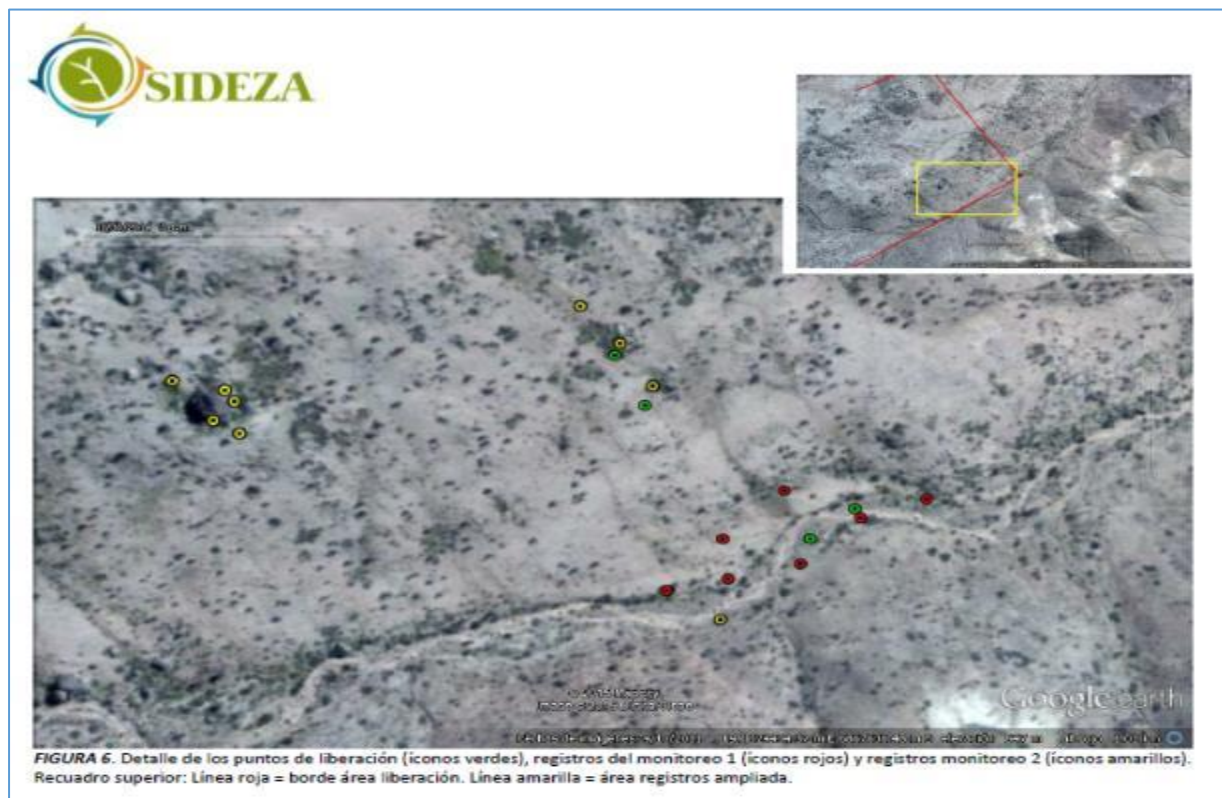
Con las Resoluciones Exentas anteriores, se procede a realizar las campañas de rescate y relocalización, generándose un informe de Rescate y Relocalización y Monitoreo de Fauna (mayo 2015), el cual señala en el punto 2.1.3.1 Área de liberación, la figura y tabla de coordenadas concordantes con el área de relocalización utilizada. Dichas coordenadas y figura entregadas en el documento coinciden con la figura

del área de relocalización presentada en la adenda N°1 y N°2, no así con las coordenadas de la tabla presentada en adenda N°1 y N°2.

En particular con respecto a los reptiles en el punto 3.1.2.1.2 Reptiles, del informe Rescate y Relocalización y Monitoreo de Fauna (mayo 2015), se indica el número de ejemplares rescatados y relocalizados, correspondiendo a 4 ejemplares de *Callopiestes palluma* (iguana chilena). Así mismo en el punto 3.1.2.3 Distribución de la liberación, del mismo informe, se indica una imagen con los puntos en donde fueron relocalizados estos ejemplares y la ubicación de los registros de herpetofauna durante el primer y segundo monitoreo.

El área donde se relocalizó y donde se efectuaron los dos monitoreos comprometidos corresponde al área presentada en la figura de la adenda N°1 y N°2, así como en el informe de CAPTURA, RELOCALIZACIÓN Y MONITOREO DE FAUNA (mayo 2015). En el Anexo 1 del informe se presentan la ubicación de los puntos exactos de relocalización de los cuatros individuos de *Callopieste palluma* y los puntos de detección de individuos durante el primer y segundo monitoreo, lo cuales se encuentran en el área de relocalización determinado en la figura de la adenda N°1 y N°2.

Figura 5-150. Representación espacial de los puntos de relocalización y de los registros obtenidos durante el primer y segundo monitoreo.



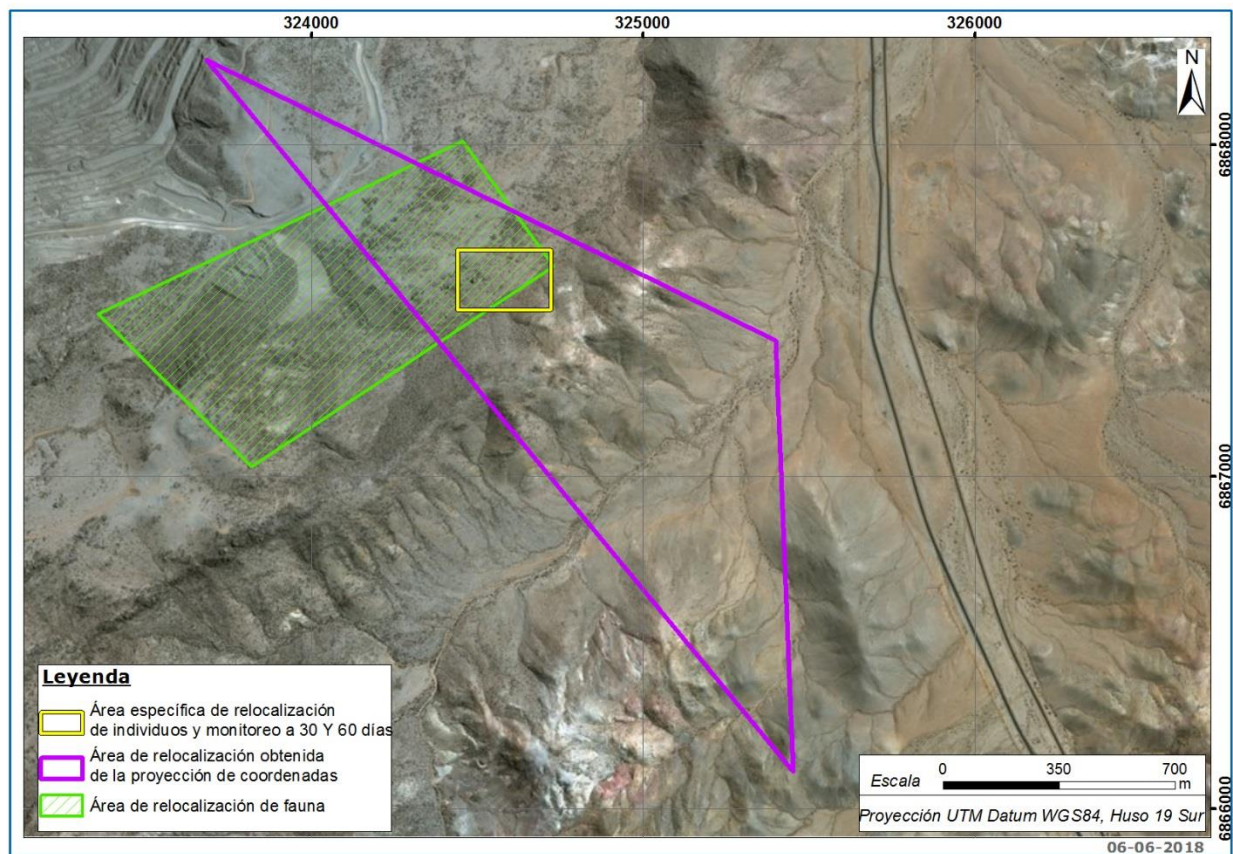
Fuente: Anexo 1 del Informe de Rescate, Relocalización y Monitoreo de Fauna del proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados.

Complementariamente se debe señalar que, los monitores de los individuos en el área de relocalización se desarrollan en el Informe Técnico “Monitoreo de Fauna de Alta y Baja Movilidad” (agosto 2016) e Informe Técnico “Monitoreo de Fauna de Alta y Baja Movilidad” (diciembre 2016).

Por último, todos los informes señalados, fueron entregados y/o cargados en la página de la SMA, y desde ahí se seleccionaron los servicios a distribuirlos, dentro de los cuales se consideró el SAG.

De acuerdo con los antecedentes entregados previamente, se analiza el efecto de realizar la relocalización de especies en un área que no fue evaluada ambientalmente. Para ello los antecedentes revisados han permitido construir la Figura 5-151, en donde se indica las áreas evaluadas ambientalmente en la tramitación ambiental que dio origen a la RCA 246/2010, y la referencia al permiso de captura ejecutado con motivo de la construcción de los botaderos.

Figura 5-151. Área específica de relocalización y monitoreo de fauna en relación con el área propuesta en la figura de la adenda N°1 y N°2; y el área proyectada obtenida de las coordenadas de la tabla de la adenda N°1 y N°2.



Elaboración: GAC.

De acuerdo con los antecedentes presentados previamente, no se considera un efecto negativo sobre la fauna relocalizada, debido a que si bien existió una incongruencia entre la información presentada en la figura y la tabla de coordenadas tanto en la adenda N°1, N°2 y la RCA del proyecto, el área presentada en la figura fue la que se analizó para determinar si cumplían con las características óptimas para recibir a los individuos rescatados y fue la que finalmente se utilizó. Adicionalmente, se entregó una descripción del área de relocalización y los respectivos informes de monitoreos a la autoridad.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°13 punto i de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto la “ falta de información a la autoridad producto del error de transcripción de coordenadas geográficas indicado”.

Cargo 13, punto (ii)

De acuerdo con lo señalado en el informe de fiscalización ambiental FA DFZ-2017-165-III-RCA-IA, relacionado con el **cargo 13, punto (ii)**, con respecto al incumplimiento de cercar el relleno sanitario para evitar la intrusión de animales presente en la tabla s/n, numeral 4.2 del ICE RCA N° 04/1997, la autoridad relevó registros de huellas y heces de cánidos silvestres en el área de relleno.

Según lo anterior, se aclara que existen evidencias de que los cánidos silvestres tales como los registrados en el área del proyecto, zorro chilla (*Pseudalopex griseus*) y zorro culpeo (*Pseudalopex chilla*), suelen acercarse a sectores con presencia humana en donde pueden encontrar alimento, ya sea entregado directamente por el ser humano y/o por medios independientes por los restos alimenticios.

Por lo anterior el impacto negativo generado por la ausencia del cercado se traduce en que un individuo se acostumbra a esta situación al momento de buscar alimento, se genera en él un acostumbamiento o impronta¹²², lo cual se traduce en una conducta que no es natural en la especie, y que puede generar problema en el individuo y/o su descendencia, al momento de necesitar realizar la búsqueda de alimento en su ambiente natural y/o bajo situaciones naturales.

El potencial efecto determinado como el acostumbamiento y/o impronta de los cánidos silvestres que habitan el lugar, no es significativo, ya que, tanto el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) como el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) poseen una gran capacidad de adaptación que les permite alimentarse con diversas fuentes de alimento, razón por la cual es común verlos frecuentar lugares poblados o con presencia de basura. El oportunismo de estas especies les permite ocupar distintas fuentes de alimento, ya sea asociadas a intervención antrópica o bien fuentes de alimentación naturales.

¹²²La impronta se define como proceso de aprendizaje que tiene lugar en los animales jóvenes durante un corto periodo de receptividad, como consecuencia del cual aprenden una serie de reacciones estereotipadas frente a un modelo

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°13 punto ii de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto el acostumbramiento o impronta de canidos silvestres”.

5.5 HECHO 20:

Las medidas provisionales no fueron ejecutadas conforme a lo ordenado por Res. N° 1315. Ello se manifiesta en:

- a) El titular no implementó el encarpado de los vagones a efectos de evitar la dispersión del concentrado de hierro durante su traslado desde Mina Los Colorados a Planta Pellets.*

El titular realizó y reportó una limpieza parcial de la vía férrea, únicamente en determinados sectores, conforme a lo consignado en las Tablas N° 9 y N° 10 del Cap. VI, y el considerando 100 de la Formulación de Cargos.

5.5.1 Descripción del Hecho

Al objeto de constatar el cumplimiento de las medidas provisionales dictadas mediante la Resolución Exenta N° 1315 por parte de CMP, los días 8 de noviembre y 1 de diciembre de 2017, funcionarios de la SMA realizaron inspecciones ambientales en mina Los Colorados y en distintos sectores de la vía férrea.

Que, en la inspección realizada el día 8 de noviembre de 2017 por la SMA, en relación con cumplimiento de las medidas, se constató lo siguiente:

1. En relación con el cumplimiento de la segunda medida, en ninguna de las estaciones se pudo apreciar el paso del tren (dirección Mina Los Colorados hacia Planta Pellets), que permitiera verificar el cumplimiento de la medida asociada a la cobertura de los vagones con un sistema de protección (encarpado).
2. En relación con el cumplimiento de la tercera medida, se constató la presencia de preconcentrado en la vía férrea en los siguientes sectores que se detallan en la Tabla N°11 de la Formulación de Cargos.

Por su parte, mediante carta GG-CA-0-117 NAG, de 14 de noviembre de 2017, CMP presentó ante la SMA los antecedentes requeridos para acreditar el cumplimiento de la primera medida, esto es, ajustar los vagones por convoy a lo establecido en el considerando 4.3.2 de la RCA N°246. Posteriormente, mediante carta PACG-CA-0-051-NAG, de 23 de noviembre de 2017, CMP presentó ante la SMA, el segundo reporte relativo al cumplimiento de la medida.

Con relación a la segunda medida dictada, mediante carta GG-CA-0-120-NAG, de 17 de noviembre de 2017, CMP propone la implementación de un sistema mecánico de apertura y cierre de vagones que garantice el cierre durante todo el trayecto del tren, el cual comenzaría a operar durante el año 2018.

En relación con la tercera medida dictada, mediante carta GG-CA-0-117-NAG, de 14 de noviembre de 2017, CMP presentó ante la SMA antecedentes relativos a la limpieza de la vía férrea, específicamente, en el Sector Bellavista de la comuna de Freirina.

Posteriormente, mediante carta PACG-CA-0-051-NAG, de 23 de noviembre de 2017, CMP presentó ante la SMA el segundo reporte relativo al cumplimiento de la medida, indicando los sectores de la vía férrea que habían sido limpiados: (i) Sector Huasco Bajo. Limpieza y desmalezado de línea férrea; (ii) Sector Freirina Centro. Retiro de material den entre riel, sobre durmientes; (iii) Sector Puente Los Guindos, se trabaja en forma paralela en desmalezado y retiro de material; (iv) Sector el Pino, se procedió al desmalezado no requiriéndose retiro de pre concentrado ya que este sector se limpió en etapas anteriores.

Que, tanto las actividades de inspección como el análisis de la información remitida por CMP, culminaron con la emisión del Informe Técnico de Fiscalización Ambiental - Medidas Provisionales/Urgentes y Transitorias- CAP Planta Pellets, disponible en el expediente de fiscalización DFZ-2017-6119-111-RCA-IA, en el cual se constataron - en resumen- los siguientes hechos: (i) CMP no implementó el cubrimiento de los vagones (encarpado de tolva) y (ii) CMP realizó una limpieza parcial de la vía férrea.

Que, conforme a lo establecido por la SMA, CMP sólo ha realizado un cumplimiento parcial de las medidas provisionales decretadas, motivo por lo cual se hace necesario regularizar esta situación a la brevedad posible.

5.5.2 Condiciones, Normas y Medidas Eventualmente Infringidas

De conformidad a lo indicado en el Cargo N°20, se estiman infringido el literal a) del Artículo 48° de la Ley 20.417 que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, el que dice:

Artículo 48.- *Cuando se haya iniciado el procedimiento sancionador, el instructor del procedimiento, con el objeto de evitar daño inminente al medio ambiente o a la salud de las personas, podrá solicitar fundadamente al Superintendente la adopción de alguna o algunas de las siguientes medidas provisionales:*

- a) *Medidas de corrección, seguridad o control que impidan la continuidad en la producción del riesgo o del daño.*

(....) Los medios señalados en el inciso anterior podrán ser ordenados, con fines exclusivamente cautelares, antes del inicio del procedimiento administrativo sancionador, de conformidad a lo señalado

en el artículo 32 de la ley N°19.880 y debería ser proporcionales al tipo de infracción cometida y a las circunstancias señaladas en el artículo 20.

5.5.3 Objetivo Ambiental de las Condiciones, Normas y Medidas Infringidas

El objetivo ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas se relaciona con la afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de hierro en el mismo).

5.5.4 Análisis de los Potenciales Efectos Negativos

Los potenciales efectos negativos se relacionan con una eventual superación puntual de las normas de MPS y Hierro, que ha sido previamente descrito en el análisis de los potenciales efectos de los cargos 6,7 y 8.

Con motivo de lo anterior el presente informe, en este punto, se remitirá a dicho análisis, estimando que no existen nuevos efectos (para el cargo 20) derivados del incumplimiento de las medidas ordenadas por la SMA, distintos a los previamente reconocidos en los cargos 6, 7 y 8 antes citados.

Finalmente, y de acuerdo con lo expuesto, se estima que, en el cargo N°20 de la formulación de cargos efectuada mediante Res. Ex. N°1/Rol D-002-2018, genera como efecto la “ Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017”.

6 RESUMEN

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de los cargos formulados contra Compañía Minera del Pacífico S.A. en el procedimiento sancionatorio Rol D-002-2018 y el resultado del análisis de los efectos asociados a los hechos constitutivos de infracción:

Tabla 6-1. Descripción de los hechos, actos y omisiones que constituyen la formulación de cargos

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
1	Se omitió el monitoreo de SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , MPS y Fe en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 3 del capítulo V, de la Formulación de Cargos.	Proporcionar información oportuna a la SMA para que pueda ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las normas de calidad del aire relacionadas con O ₂ , NO ₂ , O ₃ , MPS y Fe en MPS.	Si	Falta de información para la autoridad.
2	Se verificó una superación de los niveles máximos de concentración mensual de Hierro en MPS, en las estaciones y períodos indicados en la Tabla N° 6 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	Potenciales riesgos ambientales que se pudieren presentar en caso de superación de la norma secundaria de calidad del aire, relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo.	Si	Superación de la norma secundaria de calidad ambiental sin que ello implique un efecto concreto sobre la producción olivícola y la actividad fotosintética.
3	Se verificó una superación de los valores diarios promedio de emisión en las Chimeneas 2A y 2B, tanto para Óxidos de Nitrógeno (NO _x) como Óxido de Azufre (SO ₂), para los períodos indicados en la Tabla N° 4 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	Potenciales riesgos que se pudieren presentar en caso de superación de las normas de calidad del aire relacionadas con NO _x y SO ₂ .	Si	El aumento de la concentración estimada de NO ₂ , por el modelo de dispersión, en la estación de calidad del aire Población Huasco II y de la concentración diaria estimada de SO ₂ en la misma estación monitorea. Los valores de NO ₂ se encuentran

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
				muy por debajo de la norma de calidad y el incremento en el SO2 no genera efectos sobre la salud.
4	Las condiciones de diseño y operación de sistema de abatimiento en chimenea 2A difieren de lo evaluado y aprobado ambientalmente, en los siguientes aspectos: a) El diámetro de la chimenea es 1,4 metros inferior a lo autorizado. b) La velocidad de los gases supera el máximo aprobado, en todos los semestres reportados, según la Tabla N° 5 del Capítulo V, de la Formulación de Cargos.	Potenciales riesgos que se pudieren presentar en caso de superación de las normas de calidad del aire relacionadas con O ₂ , NO ₂ , O ₃ , MPS y Fe en MPS.	No	No se generan efectos
5	No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de material particulado en la Planta de Pellet. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en las inspecciones ambientales que se indican: a) Existen sectores de la malla de protección eólica que cierran perimetralmente los acopios de mineral y carbón, que no poseen paneles de protección (Inspección Ambiental, 2015). b) Dos de las pilas del sector de acopio, al menos, superan la altura de las	Potenciales riesgos que se pudieren presentar a consecuencia de las condiciones y normas infringidas relacionadas directamente con el control de emisiones fugitivas y areales (MPS, MP ₁₀ y MP _{2,5}).	Si	Aumento de emisiones y calidad del aire para MP 10 y MPS, sin superar ninguna norma.

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>mallas de cierre perimetral (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>c) La humectación de las pilas de acopio en Planta de Pellets es deficiente (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).</p> <p>d) En el sector de descarga de preconcentrado, los carros no son encapsulados en base a un sistema de campana para evitar la dispersión de material. En su reemplazo, se instaló un sistema de aspiración de material que no se encontraba en funcionamiento en la inspección (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>e) La correa CV8, que transporta el preconcentrado hacia la Planta de Pellet estaba parcialmente encapsulada, observándose que su protección abarca únicamente dos de sus tres caras (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>f) Las bandejas extendidas bajo la correa transportadora CV19 (que traslada mineral hacia la zona de embarque) no eran cóncavas sino planas, evidenciándose cantidades variables de pellet feed o pellet sinter sobre ella. Adicionalmente, en la</p>			

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>sección correspondiente al polín 384-385, se observó rotura del faldón de tela termofusionada que se fija a ambos lados de la correa (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>g) El Plan de Emergencia de Polvo Fugitivo se activa a una velocidad superior a la de 6 m/s y no se activa en períodos de preemergencia.</p>			
6	<p>No se han adoptado todas las medidas destinadas a evitar la dispersión de preconcentrado a lo largo de la vía férrea. Ello se manifiesta en los siguientes hechos:</p> <p>a) El enrasador instalado en el punto de carga de preconcentrado, en Mina Los Colorados, presenta deficiencias que impiden asegurar que el acopio de preconcentrado sobrepase la tolva de cada carro del tren (Inspección Ambiental, 2013, 2014, 2015 y 2017).</p> <p>b) El sistema de aspersores empleado para la humectación de la carga de preconcentrado a la salida de los trenes desde Mina Los Colorados, mantiene operativas solo 6 de sus 20 unidades y no cubre toda el área expuesta (Inspección Ambiental, 2013 y 2015).</p>	<p>La afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo) y la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables del área.</p>	Si	<p>Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017</p>

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>c) Las actividades de limpieza de carros en Planta Pellet, no es 100% eficiente, dado que una vez lavados, permanece preconcentrado en los bordes exteriores y en la zona baja de algunas tolvas (Inspección Ambiental, 2015 y 2017).</p> <p>d) Algunas de las cúpulas inspeccionadas no cumplen con las dimensiones autorizadas (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).</p> <p>e) Frente a la falta de efectividad de las medidas, no se han implementado medidas de mitigación adicionales para contener el MP y evitar su dispersión en la vía férrea.</p>			
7	<p>El transporte de preconcentrado por vía férrea se ejecutó bajo condiciones diversas a las aprobadas ambientalmente lo que se manifiesta en:</p> <p>a) El número de carros por cada ferrocarril que transporta preconcentrado de hierro hasta la Planta de Pellets, supera el máximo de tolvas autorizado, según lo constatado en inspecciones establecidas en la</p>	La afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo) y la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables del área.	Si	Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>Tabla N° 8 del Cap. V de la Formulación de Cargos.</p> <p>b) La carga de cada tren supera el máximo autorizado, durante todos los meses del período comprendido entre enero de 2013 y septiembre de 2015, según información remitida por el titular y consignada en Tabla N° 9 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.</p>			
8	<p>La limpieza de la vía férrea no se ha ejecutado conforme a lo autorizado ambientalmente, en los siguientes sentidos:</p> <p>a) En tramo Mina Los Colorados-Estación Maitencillo:</p> <p>i. Se realiza con periodicidad aleatoria y no trimestralmente.</p> <p>ii. Se realiza de forma deficiente toda vez que se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en Tabla N° 10 del Cap. V de la Formulación de Cargos.</p> <p>b) En tramo Estación Maitencillo - Planta de Pellets:</p> <p>iii. No se reporta a la autoridad la limpieza periódica.</p>	<p>La afectación a la calidad del aire (relacionada con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo) y la protección de las áreas silvoagropecuarias y los recursos naturales renovables del área.</p>	Si	<p>Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017</p>

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	iv. Se constató presencia de preconcentrado de hierro en el tramo, según inspecciones que constan en tabla N° 10 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.			
9	<p>No se han adoptado todas las medidas relativas al manejo de emisiones fugitivas de MP en mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos constatados en inspección ambiental de 2015:</p> <p>a) La correa N° 2741 -que transporta el preconcentrado desde la torre de carguío hacia los trenes que son cargados- no cuenta con sistema de humectación.</p> <p>b) El sistema de humectación que corresponde a la correa N° 2741, se encuentra en la correa N° 2719 -que conecta la planta de beneficio con el acopio principal que alimenta el carguío- y está conformado por 2 aspersores en serie no operativos.</p> <p>c) Caída de preconcentrado seco desde la correa N° 2719 con alta generación de material en suspensión.</p>	Potenciales riesgos que se pudieren presentar a consecuencia las emisiones de material particulado (básicamente MPS) en un ambiente laboral y en el receptor sensible más cercano.	No	No genera efectos

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	d) Inexistencia de regadío en plataforma de descarga de botadero de estériles.			
10	Se efectuó transporte de preconcentrado de hierro mediante camiones, directamente desde mina Los Colorados hasta la Planta de Pellets, lo que no se encontraba autorizado ambientalmente. Tal acción se extendió durante todo el período comprendido entre enero de 2013 y hasta marzo de 2015, exceptuándose únicamente los meses de febrero, noviembre y octubre de 2014.	Potenciales riesgos que se pudieren presentar a consecuencia de las condiciones y normas infringidas relacionadas directamente con el control de emisiones de MPS, MP ₁₀ y MP _{2,5} .	Si	Emisiones adicionales de material particulado respirable sin efectos en receptores sensibles y aporte en MPS.
11	No se ha construido un canalón de encauzamiento de aguas en el botadero de estériles de Mina Los Colorados para un evento centenario.	Mantener la condición natural de drenaje de la zona y evitar una posible socavación a que se pudieran ver expuestos los taludes de los botaderos de Mina Los Colorados.	No	No genera efectos
12	No se han implementado todas las medidas comprometidas para evitar emisiones de ruido generado por el transporte de ferrocarriles, según los siguientes hechos: a) Se constató que el cambio de rieles no se había efectuado en su totalidad en el tramo comprendido entre Planta	El impacto acústico generado por el tránsito diario de ferrocarriles de carga en el trayecto Mina Los Colorados y Planta de Pellets ubicada en la localidad de Huasco.	Si	Aumento leve de los niveles de ruido, los cuales están por debajo de las normas referenciales (FTA y NCh N° 1619)

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>Pellets y Mina Los Colorados (Inspección Ambiental, 2014 y 2015).</p> <p>b) No se ha construido Pantalla Acústica en sector Huasco Bajo, casa aislada, Coordenadas E287125-N6848300 (Inspección Ambiental, 2015).</p> <p>c) Se solicita evaluar vivienda ubicada en Callejón Los Guindos N° 308123, comuna de Freirina, desde la cual don Sebastián Callejas Matic- quien denuncia de a la empresa Ferronor S.A., debido al tránsito de trenes que transportan minerales de Los Colorados hasta la Planta de Pellets- refiere percibir frecuentemente el ruido del tren en diversos horarios, lo que le impide dormir y descansar, alegando que los trenes estarían emitiendo un nivel de ruido que sobrepasa los límites máximos.</p>			
13	No se han implementado todas las medidas comprometidas para la protección del hábitat de la fauna en sector de Mina Los Colorados. Ello se manifiesta en los siguientes hechos:	La protección de las especies que requerían ser rescatadas y relocalizadas.	Si	Respecto de la letra a) se reconoce como efecto la falta de información a la autoridad.

^c Coordenadas geográficas 297404 m S 6844510 m E, Datum WGS84 Huso 19J.

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	<p>a) La relocalización de especies de herpetofauna en un área que comprende aproximadamente 40 hectáreas de superficie que no fue evaluada ni aprobada ambientalmente para realizar dicha medida, desconociéndose -además- el número de individuos relocalizados en ella.</p> <p>b) El relleno sanitario de mina Los Colorados no se encuentra cerrado en la parte contigua a la ladera del cerro, verificándose huellas y fecas de cánidos en el área de dicho relleno.</p>	La protección de los cánidos en sector del relleno sanitario de Mina Los Colorados.		Respecto a la letra b) se reconoce como efecto el acostumbamiento e impronta de los cánidos silvestres.
14	<p>El efluente líquido derivado del proceso de la Planta de Pellets, y que contiene relaves, ha sido descargado al mar bajo las siguientes condiciones:</p> <p>a) Con un porcentaje de sólidos inferiores a 50%; y</p> <p>b) Por un caudal superior al que fue aprobado ambientalmente correspondiente a 4.700 m3/día, según consta en Tabla N° 7 del Cap. V de la Formulación de Cargos.</p>	<p>Prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores, a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Proteger la alteración en la calidad del agua a través del cumplimiento del D.S.90/2000. Eliminar eventos de turbidez en la Bahía para lo cual la pulpa debe ser descargada con un porcentaje de sólidos de 50%. 	Si	El cambio en la geomorfología del fondo marino en E Chapaco debido a la depositación constante de material sedimentable de la Planta de Pellets, es solamente un cambio físico que no ha generado efectos ni en la cantidad ni calidad de los recursos naturales renovables. Adicionalmente se confirma que no existe evidencia alguna que indique la existencia de efectos sobre la flora y fauna marina atribuibles a la excedencia de Zinc reportada en la columna de agua de E. Chapaco el 2017.

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
15	El titular se encuentra operando un sistema de depositación de relaves, que descarga dicho efluente en el mar, a 35 metros de profundidad, sin contar con la respectiva autorización ambiental. Ello se ha verificado, al menos, desde el 31 de marzo de 2017.	Contar con un sistema definitivo que reemplace en el futuro la descarga actual, evaluado ambientalmente de acuerdo con los estándares actuales,	No	El cambio físico en la geomorfología del fondo marino por depositación constante del material sedimentable de la Planta de Pellets.
16	El titular informó el cierre del proyecto “Estación de transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo” (RCA N° 212/2008) el 15 de abril de 2015, en circunstancias que la operación cesó desde mediados de 2012.	Proporcionar información oportuna a la SMA para que pueda ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización del cierre de la Estación de Transferencia de minerales de hierro, Sector Maitencillo.	Si	Falta de información para la autoridad
17	El titular omite las siguientes obligaciones contenidas en el D.S. N° 46/2002: a) La entrega dentro de plazo de los autocontroles para los períodos de febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015; para enero, febrero y marzo de 2016 y junio de 2013. b) Informe de remuestreos de los meses de abril, mayo y noviembre de 2012, y enero, febrero, abril, mayo y julio de 2015.	Proporcionar información oportuna a la SMA para que pueda ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización del cumplimiento del D.S N°46/2002.	Si	Falta de información para la autoridad

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
	c) Informe de autocontrol de todas las muestras indicadas en su programa de monitoreo, para los períodos de marzo y junio de 2013.			
18	Se verifica una superación en los niveles máximos permitidos de ciertos contaminantes establecidos en la norma de emisión, durante los meses de diciembre de 2014 y diciembre de 2015, según tabla N° 2 del Cap. V, de la Formulación de Cargos.	Preservar la calidad del recurso hídrico subterráneo, a través del establecimiento de límites máximos de descarga de contaminantes que podrían afectarlo y en este caso específico con relación a boro y pH.	No	No se genera efecto.
19	Omisión de entrega de todos los antecedentes requeridos mediante Res. Ex. N° 29 de la SMA de 28 de agosto de 2017. Específicamente, no incluye: a) Datos correspondientes al análisis semestral de los elementos disueltos en la columna de agua en puntos representativos de la ensenada Chapaco, para el año 2016. b) Registros de turbidez para el mes de marzo, en el Programa de Vigilancia Ambiental de 2016, tanto para el punto de Ensenada Chapaco como para el punto de medición externo, por lo que no es posible establecer el real estado de las aguas superficiales en el año 2016.	Proporcionar información oportuna a la SMA para que pueda ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización del cumplimiento la calidad ambiental de las aguas marinas en la Ensenada de Chapaco.	No	No se generan efectos

Identificador del hecho	Hechos constitutivos de infracción	Objeto de Protección Ambiental	Efectos producidos	
			Si/No	Efecto
20	<p>Las medidas provisionales no fueron ejecutadas conforme a lo ordenado por Res. N° 1315. Ello se manifiesta en:</p> <p>a) El titular no implementó el encarpado de los vagones a efectos de evitar la dispersión del concentrado de hierro durante su traslado desde Mina Los Colorados a Planta Pellets.</p> <p>El titular realizó y reportó una limpieza parcial de la vía férrea, únicamente en determinados sectores, conforme a lo consignado en las Tablas N° 9 y N° 10 del Cap. VI, y el cons. 100 de la Formulación de Cargos.</p>	<p>El objeto ambiental de las condiciones, normas y medidas infringidas, de acuerdo con lo señalado por la Superintendencia de Medio Ambiente en la Resolución Exenta N° 1315 de 2 de noviembre de 2017, se relaciona con un riesgo inminente para la salud y el medio ambiente relacionado con la depositación de material particulado sedimentable (MPS) y el contenido de fierro en el mismo.</p>	No	<p>Superación puntual de las normas de MPS y Hierro en MPS en noviembre del 2014 y noviembre y diciembre 2016 y 2017</p>

Fuente: Elaboración propia