INFORME FINAL

ESTUDIO

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO EN CORONEL



MANDANTE:

SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

2015

ACÚSTICA AUSTRAL EIRL.

EQUIPO CONSULTOR

JUAN PABLO ÁLVAREZ. - DIRECTOR DE PROYECTO Y ESPECIALISTA EN MODELAMIENTO DE RUIDO
MAG. CARLOS REYES - ESPECIALISTA EN CONTROL DE RUIDO
EUGENIO COLLADOS - ASESOR ACÚSTICO
DR. JOSÉ LUIS BARROS - ESPECIALISTA EN MEDICIONES CON INSTRUMENTAL AVANZADO
ALEXIS SUÁREZ - ESPECIALISTA EN MEDICIONES DE CAMPO
MAG. TATIANA NAULIN GYSLING - ESPECIALISTA EN PARTICIPACIÓN CIUDADANA
SEBASTIÁN VERGARA P - ESPECIALISTA EN ANÁLISIS TERRITORIAL

ESTE ESTUDIO SE HA REALIZADO A SOLICITUD DE LA SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE,

MEDIANTE LICITACIÓN Nº 608897-53-LP15.

INFORME FINAL - DICIEMBRE DE 2015

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 14
2. METODOLOGÍA 22
2.1 Recopilación y Análisis de Información para el Desarrollo del Estudio 22
2.1.1 Información demográfica de Coronel 23
2.2 Recopilación de Información Complementaria al Estudio a través de la Percepción de la Comunidad 26
2.2.1 Proceso de consulta y participación ciudadana 26
2.3 Campañas de Medición 28
2.3.1 Mediciones continuas 29
2.3.2 Mediciones discretas 32
2.4 Elaboración Mapas de Ruido 51
2.4.1 Software utilizado 52
2.4.2 Clasificación Vial 53
2.4.3 Definición de horarios periodo diurno y nocturno 54
2.4.4 Mapa de ruido actividad industrial 55
2.4.5 Mapa de ruido tránsito vehicular 55
2.4.6 Mapa de ruido tránsito Industrial 59
2.4.7 Mapa de ruido tránsito ferroviario 60
2.4.8 Mapa de ruido global 62
2.5 Evaluación de los Resultados 62
2.5.1 Análisis de los IPT vigentes en Coronel en función de la variable acústica 64
2.5.2 Evaluación de actividades industriales 65
2.5.3 Evaluación mediante normativa internacional para tráfico rodado 70
2.5.4 Superficie expuesta a determinados niveles de ruido 72
2.5.5 Población potencialmente expuesta 73
2.5.6 Impacto del ruido en establecimientos educacionales y de salud 74
3. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA COMUNA DE CORONEL 80
3.1 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a Información Existente 80
3.1.1 Potenciales Fuentes de Ruido 80
3.1.2 Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) 87
3.1.3 Denuncias por ruidos 94
3.1.4 Fiscalizaciones por ruidos 98
3.2 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a la Percepción de la Comunidad 100
3.2.1 Análisis del Ruido por Situaciones Puntuales 101
3.3 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a Mediciones 102
3.3.1 Mediciones Continuas 102
3.3.2 Mediciones Discretas 107
4. RESULTADOS DE MAPAS DE RUIDO 122

4.1 Mapas de Ruido Actividad Productiva e Industrial de Coronel 122
4.1.1 Mapas de ruido para la actividad productiva e industrial de Coronel en periodo diurno 123
4.1.2 Mapas de Ruido para la actividad productiva e industrial de Coronel en periodo nocturno 126
4.2 Mapas de Ruido Tráfico Vehicular de Coronel 129
4.2.1 Elección del modelo de predicción de ruido de tráfico vehicular utilizado en Coronel 129
4.2.2 Mapas de ruido tráfico vehicular de Coronel en periodo diurno 130
4.2.3 Mapas de Ruido tráfico vehicular de Coronel en periodo nocturno 133
4.3 Mapas de Ruido Tráfico Industrial de Coronel 136
4.3.1 Mapas de ruido tráfico industrial de Coronel en periodo diurno 136
4.3.2 Mapas de Ruido tráfico industrial de Coronel en periodo nocturno 139
4.4 Mapas de Ruido Tráfico ferroviario de Coronel 142
4.4.1 Mapas de Ruido tráfico ferroviario de Coronel en periodo diurno 142
4.4.2 Mapas de Ruido tráfico ferroviario de Coronel en periodo nocturno 145
4.5 Mapas de Ruido Global de Coronel 148
4.5.1 Mapas de Ruido Global de Coronel en periodo diurno 148
4.5.2 Mapas de Ruido Global de Coronel en periodo nocturno 151
5. RESULTADOS - ANÁLISIS SOCIO-ESPACIAL 154
5.1 Evaluación de Fuentes Emisoras de Ruido con mediciones a través del D.S. N° 38/2011 del MMA 154
5.1.1 Evaluación D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno 155
5.1.2 Evaluación D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno 164
5.2 Evaluación de Fuentes Emisoras de Ruido con modelamiento a través del D.S. N° 38/2011 del MMA 169
5.3 Evaluación de Fuentes Emisoras Móviles de Ruido a Través de Normativa Internacional de Referencia 174
5.3.1 Evaluación tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo diurno 174
5.3.2 Evaluación tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo nocturno 177
5.3.3 Evaluación tránsito ferroviario a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo diurno 181
5.3.4 Evaluación tránsito ferroviario a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo nocturno 184
5.4 Evaluación de los Niveles Globales de Ruido a través de Criterios OCDE 187
5.4.1 Evaluación superficie expuesta a través de Criterios OCDE, periodo diurno 187
5.4.2 Evaluación superficie expuesta a través de Criterios OCDE, periodo nocturno 192
5.4.3 Evaluación población potencialmente expuesta a través de criterios OCDE, periodo diurno 197
5.4.4 Evaluación población potencialmente expuesta a través de criterios OCDE, periodo nocturno 199
5.4.5 Evaluación establecimientos educacionales y salud expuestos a través de criterios OCDE, periodo diurno 202
6. ANALISIS Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO 207
6.1 Medidas de Control Generales Aplicables a las Fuentes Industriales de Coronel 207
6.1.1 Medidas de control para Fuentes Industriales zona Norte de Coronel 214
6.1.2 Medidas de control para Fuentes Industriales zona Sur de Coronel 218
6.2 Medidas de Control para otras Fuentes Identificadas 221
6.2.1 Medidas de ingeniería para correas de transporte de chips 221

6.3 Medidas de Control para el Tránsito Vehicular 223
6.3.1 Medidas de ingeniería para el tráfico vehicular 223
6.3.2 Medidas administrativas para el tráfico vehicular 224
6.4 Medidas de Control para Fuentes Ferroviarias 225
6.4.1 Medidas de ingeniería para fuentes ferroviarias 225
6.4.2 Medidas administrativas para fuentes ferroviarias 232
6.5 Medidas de Control para Recintos Sensibles 233
6.5.1 Medidas de ingeniería para recintos sensibles 233
6.5.2 Medidas administrativas para recintos sensibles 234
6.6 Análisis de Costos para las Medidas de Control Propuestas 234
6.7 Gestión del Ruido desde Entidades Gubernamentales 236
6.8 Mejoras a la Ordenanza de Ruido 236
7. CONCLUSIONES 240
8. PROPUESTA DE ESTUDIOS A PARTIR DE BRECHAS EXISTENTES 244
8.1 Elaboración de una Norma de calidad acústica 244
8.2 Método de evaluación de impactos del ruido ambiental 247
8.3 Norma de calidad acústica de viviendas 248
8.4 Base de datos epidemiológicos relacionados al ruido 249
9. BIBLIOGRAFÍA 250

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Tabla resumen información disponible. 22
Tabla 2: Comparativa de población de Coronel 24
Tabla 3: Población por distrito censal en comuna Coronel. 26
Tabla 4: Tabla información estaciones de monitoreo fijas 30
Tabla 5: Tabla resumen con fechas de medición realizadas para fuentes fijas. 32
Tabla 6: Instrumental utilizados en campañas de medición. 33
Tabla 7: Puntos de medición zona Norte de Coronel. 37
Tabla 8: Distribución de puntos de medición acústica, según clasificación vial comuna Coronel. 45
Tabla 9: Caracterización de establecimientos educacionales medidos en Coronel. 50
Tabla 10: Resumen de parámetros de entrada y salida en el proceso de cálculo del modelo en CadnaA. 53
Tabla 11: Tabla resumen clasificación vial de Coronel. 53
Tabla 12: Distribución de conteos vehiculares, según clasificación vial de Coronel. 57
Tabla 13: Resumen frecuencia de viajes por periodo horario y tipo de Tren. 62
Tabla 14. Niveles Máximos Permisibles de Presión sonora Corregidos (NPC) en dB(A). 63
Tabla 15: Definición de zonas de acuerdo al D.S. N° 38/2011 del MMA. 65
Tabla 16: Tipo de zona de sensibilidad y descripción. 70
Tabla 17: Valores límites de exposición al ruido, según Norma OPB 841.41. 70
Tabla 18: Caracterización espacial de establecimientos de educación evaluados en Coronel. 75
Tabla 19: Caracterización espacial de establecimientos de salud evaluados en Coronel. 77
Tabla 20: Catastro de Fuentes identificadas. 80
Tabla 21: Catastro Proyectos comuna Coronel con RCA favorable agrupados por titular. 87
Tabla 22: Tabla denuncias por ruido, periodo 2012-2014, comuna de Coronel. 95
Tabla 23: Talleres primera etapa proceso de consulta y participación ciudadana 100
Tabla 24: Resultados campaña de medición actividad industrial periodo diurno, Zona Norte de Coronel. 108
Tabla 25: Resultados campaña de medición actividad industrial periodo nocturno, Coronel Norte. 110
Tabla 26: Espectros de potencia acústica asociada a las diferentes fuentes para modelamiento de ruido industrial 117
Tabla 27: Resultados campaña de medición acústica tráfico vehicular periodo diurno, comuna Coronel. 118
Tabla 28: Datos estadísticos del flujo vehicular diurno para las diferentes categorías de vías (vehículos/hora). 120
Tabla 29: Datos estadísticos del flujo vehicular diurno para las diferentes categorías de vías (% vehículos pesados) 120
Tabla 30: Datos estadísticos del flujo vehicular nocturno para las diferentes categorías de vías (vehículos/hora) 121
Tabla 31: Datos estadísticos del flujo vehicular nocturno para las diferentes categorías de vías (% vehículos pesados) 121
Tabla 32: Parámetros obtenidos para clases de trenes comuna Coronel. 121
Tabla 33: Resumen resultados obtenidos comuna urbana Coronel. 130
Tabla 34: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno, Zona Norte de Coronel. 157
Tabla 35: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno, Zona Sur de Coronel. 164
Tabla 36: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. 166
Tabla 37: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. 169
Tabla 38: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. 173
Tabla 39: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación suiza OPB814.14 para el periodo diurno. 177
Tabla 40: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación Suiza OPB814.14 para el período nocturno. 181
Tabla 41: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación Suiza OPB814.14 para el período diurno. 184
Tabla 42: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación suiza OPB814.14 para el período nocturno. 187
Tabla 43: Superficie expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo diurno. 188
Tabla 44: Evaluación superficie expuesta por distrito al ruido a través de criterios OCDE, periodo diurno. 188
Tabla 45: Superficie expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo nocturno. 192
Tabla 46: Evaluación superficie expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo nocturno. 193
Tabla 47: Población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo diurno. 197
Tabla 48: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de Criterio OCDE, periodo diurno. 198
Tabla 49: Población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo nocturno. 200

Tabla 50: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de Criterio OCDE, periodo nocturno.....200
Tabla 51: Análisis de Establecimientos educacionales del Mapa de Ruido Global Coronel.....202
Tabla 52: Porcentaje de establecimientos educacionales expuestos a intervalos de ruido cada 5 dBA en Coronel. 204
Tabla 53: Análisis de Establecimientos de salud evaluados del Mapa de Ruido Global Coronel.....205
Tabla 54: Porcentaje de establecimientos salud expuestos a intervalos de ruido cada 5 dBA en Coronel.....205
Tabla 55: Nivel de exposición al ruido diurno Ld de establecimientos educacionales y salud en Coronel, según criterio OCDE.....206
Tabla 56: Puntos evaluación parques industriales zona Norte de Coronel que superan límite permitido. 216
Tabla 57: Puntos evaluación zona Norte de Coronel que superan límite permitido.....220
Tabla 58: Nivel de potencia sonora correas de transporte.....221
Tabla 59: Categorización de cruces ferroviarios [NS-01-05-00 de EFE].....226
Tabla 60: Medidas para mejorar el índice de riesgo a evaluar.....231
Tabla 61: Establecimientos Educacionales medidos en Coronel.....233
Tabla 62: Tabla de costos aproximados de medidas de control de ruido. 235
Tabla 63: Población altamente molesta según fuente, para rangos bajos de nivel de ruido [EEA 2010].....246
Tabla 64: Valores umbrales recomendados según efectos en la salud de las personas [EEA 2010] 247

Figura 1: Área de Estudio comuna Coronel. Fuente: Elaboración propia.....18
Figura 2: Representación en forma de diagrama de las actividades desarrolladas por el equipo consultor. Fuente: Elaboración propia. 21
Figura 3: Gráfico de barras con caracterización demográfica comuna Coronel.....23
Figura 4. Gráfico con pirámide de población comuna Coronel, proyección INE 2002-2020. 24
Figura 5: Distritos censales comuna Coronel. Fuente: INE, 2015. Elaboración propia. 25
Figura 6: Marco lógico de talleres. Fuente: Elaboración propia.....27
Figura 7: Distribución de estaciones continuas de monitoreo. Fuente: Elaboración propia. 31
Figura 8: Ejemplo medición con cámara acústica. Fuente: Elaboración propia. 35
Figura 9: Características del arreglo de micrófonos a utilizar con cámara acústica. Fuente: Elaboración propia. 36
Figura 10: Distribución de puntos de medición zona industrial, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia.....39
Figura 11: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa ENDESA. Fuente: Elaboración propia.....40
Figura 12: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresas Consorcio Maderero, Fulghum Fibres y Cabo Froward. Fuente: Elaboración propia. 41
Figura 13: Distribución espacial de punto de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel Ruta 160, empresa Concesionaria Acciona. Fuente: Elaboración propia. 42
Figura 14: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa Colbún. Fuente: Elaboración propia.....43
Figura 15: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa Colbún. Fuente: Elaboración propia.....44
Figura 16: Distribución de puntos de medición acústica de tráfico vehicular, zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.....46
Figura 17: Distribución de puntos de medición acústica de tráfico vehicular, zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.....47
Figura 18: Fotografía medición trenes, comuna San Pedro de la Paz. Fuente: Elaboración propia.....48
Figura 19: Distribución espacial de puntos de medición clases de trenes existentes, comuna San Pedro de La Paz. Fuente: Elaboración propia.....49
Figura 20: Configuración de parlantes durante el test de aislamiento de fachada con fuente de sonido artificial. Fuente: Elaboración propia.....50
Figura 21: Espectro de fuente sonora artificial. Fuente: Elaboración propia. 51
Figura 22: Clasificación vial para la ciudad de Coronel (según REDEVU). Fuente: PRC Coronel, Elaboración propia. 54
Figura 23: Distribución de puntos de conteos vehiculares, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia.....58
Figura 24: Distribución de puntos de conteos vehiculares, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia.....59
Figura 25: Mapa conexión modal Biotren. Fuente[8]: Ferrocarriles del Sur 61
Figura 26: Zonificación D.S. N° 38/2011 del MMA, a partir del PRC de Coronel. Fuente: Elaboración propia.....67
Figura 27: Zonificación D.S. N° 38/2011 del MMA, a partir del PRM de Concepción. Fuente: Elaboración propia.....68
Figura 28: Mapa de congruencia e incongruencia de zonificación a partir del PRC y PRMC. Fuente: Elaboración propia.....69
Figura 29: Zonificación OPB 814.41, a partir del PRC de Coronel. Fuente: Elaboración propia.....71
Figura 30: Proceso de extracción mediante SIG. Fuente: Elaboración propia con ilustraciones de ArcGis 10. 72

Figura 31: Proceso de eliminación mediante SIG. Fuente: Elaboración propia con ilustraciones de ArcGis 10. 73
Figura 32: Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia. 74
Figura 33: Emplazamiento establecimiento de Educación y Salud, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 78
Figura 34: Emplazamiento establecimiento de Educación y Salud, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 79
Figura 35: Distribución espacial de Potenciales Fuentes de Ruido emplazados en la Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 85
Figura 36: Distribución espacial de Potenciales Fuentes de Ruido emplazados en la Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 86
Figura 37: Distribución espacial de proyectos con RCA favorable emplazados en la Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 92
Figura 38: Distribución espacial de proyectos con RCA favorable emplazados en la Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 93
Figura 39: Distribución espacial de denuncias por ruido en el sector de Buen Retiro, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia. 96
Figura 40: Distribución espacial de denuncias sectores de Corcovado y Municipalidad, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia. 97
Figura 41: Distribución espacial de denuncias sector de Schwager, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia. 98
Figura 42: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E1 (Parque Industrial Coronel). Fuente: Elaboración propia. 103
Figura 43: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E2 (Acceso sector Schwager). Fuente: Elaboración propia. 104
Figura 44: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E3 (Central Bocamina). Fuente: Elaboración propia. 104
Figura 45: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E4 (Correa Transportadora Chip Cabo Froward). Fuente: Elaboración propia. 105
Figura 46: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E5 (Interior Puerto Coronel). Fuente: Elaboración propia. 106
Figura 47: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E6 (By-Pass Ruta 160). Fuente: Elaboración propia. 106
Figura 48: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E7 (Astilladora, Puerto de Coronel). Fuente: Elaboración propia. 107
Figura 49: Espectro de frecuencias en bandas de tercio y líneas espectrales (FFT) incluyendo maquinaria cercana. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A punto de medición zona Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia. 113
Figura 50: Imagen de distribución acústica. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A. incluyendo maquinaria cercana, punto de medición Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 114
Figura 51: Imagen de distribución acústica. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A incluyendo maquinaria cercana, punto de medición Zona Sur de Coronel con post-proceso HDR. Fuente: Elaboración Propia. 114
Figura 52. Identificación de fuentes para determinar potencia acústica asociada (Astilladora Forestal Coala/Puerto Seco). Fuente: Elaboración propia. 115
Figura 53. Identificación de fuentes predominantes para determinar potencia acústica asociada (Central Bocamina). Fuente: Elaboración Propia. 116
Figura 54. Identificación de fuentes predominantes para determinar potencia acústica asociada (Central Santa María). Fuente: Elaboración Propia 117
Figura 55: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 123
Figura 56: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 125
Figura 57: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 127
Figura 58: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo nocturno, Zona Sur. Fuente: Elaboración Propia. 128
Figura 59: Curvas de los niveles medidos y proyectados para la comuna urbana de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 129
Figura 60: Mapa de ruido tráfico vehicular en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 131
Figura 61: Mapa de ruido tráfico vehicular en período diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 132
Figura 62: Mapa de ruido tráfico vehicular en período nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 134
Figura 63: Mapa de ruido tráfico vehicular en período nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 135
Figura 64: Mapa de ruido tránsito industrial en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 137
Figura 65: Mapa de ruido tránsito industrial en período diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 138
Figura 66: Mapa de ruido tránsito industrial en período nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 140

Figura 67: Mapa de ruido tránsito industrial en período nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 141
Figura 68: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 143
Figura 69: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 144
Figura 70: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 146
Figura 71: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 147
Figura 72: Mapa de ruido global en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 149
Figura 73: Mapa de ruido global en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 150
Figura 74: Mapa de ruido global en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 152
Figura 75: Mapa de ruido global en periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia. 153
Figura 76: Distribución de puntos de medición sector Pob. Leandro Moreno, Coronel Norte. Fuente: Elaboración Propia 156
Figura 77: Distribución de puntos de evaluación, sector Puchoco Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia. 161
Figura 78: Distribución de puntos de evaluación, sector Bahía Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia. 162
Figura 79: Distribución de puntos de evaluación, sector El Manco Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia. 163
Figura 80: Distribución de puntos de evaluación, sector Pubs Coronel Norte. Fuente: Elaboración Propia. 165
Figura 81: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo diurno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 175
Figura 82: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo diurno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 176
Figura 83: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo nocturno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 179
Figura 84: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo nocturno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 180
Figura 85: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo diurno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 182
Figura 86: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo diurno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 183
Figura 87: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo nocturno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 185
Figura 88: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo nocturno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia. 186
Figura 89: Mapa de ruido global superficie expuesta al ruido a través de criterios OCDE para el periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 189
Figura 90: Mapa de ruido Global en periodo diurno en base a Criterio OCDE, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. .190
Figura 91: Mapa de ruido Global en periodo diurno en base a Criterio OCDE, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 191
Figura 92: Porcentaje de superficie por distrito bajo o sobre criterio OCDE, periodo nocturno. Fuente: Elaboración propia en base a resultados de este estudio. 193
Figura 93: Mapa de ruido Global en periodo nocturno en base a Criterio OCDE, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia. 195
Figura 94: Mapa de ruido Global en periodo nocturno en base a Criterio OCDE, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia. .196
Figura 95: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo diurno. Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio. 199
Figura 96: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo nocturno. 201
Figura 97: Porcentaje de establecimientos educacionales expuestos a niveles de ruido durante el día Ld Coronel. Fuente: Elaboración propia. 204
Figura 98: Porcentaje de establecimientos de salud expuestos a niveles de ruido durante el día Ld Coronel. Fuente: Elaboración propia. 206
Figura 99: Imagen acústica 2D. Fuente: Elaboración propia. 207
Figura 100: Barrera acústica de panel acero galvanizado microperforado, Rw 38. Fuente: ACR Acústica. 208
Figura 101: Barrera perimetral de contenedores. Fuente: Elaboración propia. 208
Figura 102: Bosquejo de silenciadores para torres de enfriamiento. Fuente: Elaboración propia. 209
Figura 103: Encierro acústico típico para aislamiento sonoro de Astillador. Fuente: Elaboración propia. 210
Figura 104: Silenciadores de escape o venteo tipo Fuente: BBM Akustik Technologie. 211
Figura 105: Bosquejo de encierros parciales. Fuente: Elaboración propia. 212
Figura 106: Panel absorbente acústico tipo QP-50. Fuente: ACR Acústica. 212

Figura 107: Bosquejo de pantalla acústica móvil. Fuente: Elaboración propia.....213
Figura 108: Bosquejo de cabinas acústicas de esmerilado. Fuente: Elaboración propia.....213
Figura 109: Correa de transporte de chips cercana a casa habitación sector sur. Fuente: Elaboración propia. 222
Figura 110: Bosquejo ilustrativo encerramiento para correa de transporte de chips. Fuente: Elaboración propia. 222
Figura 111: Sector mínimo para el aislamiento de correas de transporte de chips.....223
Figura 112: Cruces ferroviarios dentro de la comuna urbana de Coronel. Fuente: Elaboración propia.....227
Figura 113: Fotografías de los cruces ferroviarios en Coronel. Fuente: Elaboración propia.....230
Figura 114: Medidas alternativas de seguridad (bocinas). Fuente: Federal Railroad Administration.....232
Figura 115: Curvas que relacionan el indicador físico Lden (Nivel Día-Tarde-Noche) con el porcentaje de personas que se manifiestan "molestas" por el ruido de diferentes medios de transporte. Fuente: European Environment Agency.....245
Figura 116: Curvas con relación dosis-respuesta entre los diferentes países. Fuente: Noise & Health, vol 14, p. 52, 2012. 246

LISTADO DE ACRÓNIMOS

dB(A)	Decibeles audibles
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
FFT	Espectro de frecuencias en bandas de tercio y líneas espectrales
FTA	Administración de Tráfico Federal (Federal Transit Administration)
GORE	Gobierno Regional
HDR	Rango Dinámico Alto (High Dinamic Range)
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IPT	Instrumento de Planificación Territorial
L10	Nivel de presión sonora que es sobrepasado el 10% del intervalo de medición
L50	Nivel de presión sonora que es sobrepasado el 50% del intervalo de medición
L90	Nivel de presión sonora que es sobrepasado el 90% del intervalo de medición
Ld	Niveles de presión sonora continuo equivalente en el día
Leq	Nivel de presión sonora continuo equivalente
Lmax	Nivel de presión sonora máximo
Lmin	Nivel de presión sonora mínimo
Ln	Niveles de presión sonora continuo equivalente en la noche
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MINEDUC	Ministerio de Educación
MINSAL	Ministerio de Salud
NMP	Nivel Máximo Permisible
NPC	Nivel de Presión Sonora Corregido
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OGUC	Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

OMS	Organización Mundial de la Salud
OPB	Ordenanza para la protección contra el ruido
PAC	Participación ciudadana
PRC	Plan Regulador Comunal
PRMC o PRM	Plan Regulador Metropolitano de Concepción
PROT	Plan Regulador de Ordenamiento Territorial
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
REDEVU	Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana
SAPU	Servicio de Atención Primaria de Urgencia
SEIA	Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental
SIC	Sistema Interconectado Central
SIG	Sistema de Información Geográfico
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
STI	Speech Transmission Index
STIPA	Speech Transmission Index for Public Address Systems
TdR	Términos de Referencia

ANEXOS

- ANEXO 1-Clasificación Vial Coronel
- ANEXO 2-Catastro Denuncias
- ANEXO 3-Proyectos RCA Favorable Coronel
- ANEXO 4-Plan Regulador Coronel
- ANEXO 5-Certificados Calibración Instrumental
- ANEXO6-Georreferenciación Puntos de Medición Acústicos
- ANEXO 7-Base Datos Niveles de Ruido Parque Industrial
- ANEXO 8-Base Datos Niveles de Ruido Tráfico Vehicular
- ANEXO 9-Base Datos Conteos Flujos Vehiculares
- ANEXO 10-Georreferenciación Edificaciones Sensibles
- ANEXO 11-Informe N°1 PAC
- ANEXO 12-Planos Cartográficos
- ANEXO 13-Figuras Cámara Acústica
- ANEXO 14-Datos Estaciones de Monitoreo Semanales
- ANEXO 15-Shapefile Coronel
- ANEXO 16-Fichas D.S. N° 38/2011 del MMA
- ANEXO 17-Modelos Digitales software CadnaA
- ANEXO 18-Resultados
- ANEXO 19-Mapa de ruido
- ANEXO 20-Mapas de ruido fuentes evaluadas mediante modelaciones, según el D.S. N° 38/2011 del MMA
- ANEXO 21-Apéndice 1
- ANEXO 22-Discusión Crítica Zonificación D.S. N° 38/2011 del MMA
- ANEXO 23-KMZ
- ANEXO 24-Otros

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes Generales

La historia del desarrollo económico nacional a partir de nuestras riquezas naturales ha significado posicionar a nuestro país como uno de los más grandes exportadores de materias primas. Estas exportaciones se basan principalmente en cobre, madera, recursos marinos y agrícolas en general. Sin embargo, este posicionamiento ha significado la generación de diversas externalidades negativas a lo largo de nuestro territorio las cuales se han visto reflejadas y han evidenciado su impacto con mayor fuerza en ciertas zonas de nuestro país altamente vulneradas en relación a la contaminación del medio ambiente, lo que también ha significado un impacto en la salud de las personas y el desarrollo socioeconómico de la población.

Esta situación que viven algunas comunas con altos índices de contaminación por la inexistencia de acciones efectivas para solucionar las condiciones ambientales, de salud y socioeconómicas que sufren habitantes a causa del desarrollo industrial, han dado origen a los Programas de Recuperación Ambiental y Social (PRAS), enmarcados en el Programa de Gobierno 2014-2018, el cual establece: "*El deterioro ambiental y la contaminación afectan con mayor severidad la calidad de vida de la población más vulnerable. Tenemos el deber de cambiar esta realidad. La sustentabilidad exige no sólo equilibrar crecimiento económico y protección ambiental, sino también, hacerlo con equidad social. Este será el eje de nuestra gestión: lograr mayor equidad ambiental*"



Los programas para la recuperación buscan mejorar la calidad de vida de la población que habita en dichos territorios mediante una intervención integral y multisectorial liderada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), en donde también participan otros organismos del Estado, las industrias y la ciudadanía.

Actualmente existen 4 comunas a nivel nacional en las que se implementan los PRAS, entre éstas, la comuna de Coronel, ubicada en la Región del Biobío. La comuna de Coronel corresponde a un territorio donde antiguamente existía minería de carbón y actualmente cuenta con una gran presencia de industrias y termoeléctricas.

Dentro de los distintos problemas ambientales que son percibidos constantemente por la ciudadanía, se incluyen los altos niveles de ruido que serían ocasionados por la actividad industrial, la actividad portuaria y el tráfico de vehículos y trenes por rutas aledañas a la población. En este sentido, este estudio se establece como un primer diagnóstico de la situación general del ruido ambiental en la comuna.

La población total de Coronel corresponde a 113.752 habitantes (proyección 2015, Censo 2002); la tasa de desocupación en la comuna es de un 6,3%; en cuanto a los índices de pobreza por persona, 1,3% de la población corresponde a pobre indigente y 26,8% a pobre no indigente (2011, Ministerio de Desarrollo Social), en cuanto al número de trabajadores por rama de actividad, el rubro más importante es la industria, metálica y no metálica (36%), luego Construcción (16%) y comercio (11%) o actividades inmobiliarias (11%) (SII). Cuenta con 63 establecimientos educacionales (2011, MINEDUC); 11 establecimientos de salud, de estos 1 hospital, 7 centros de salud ambulatorios y 3 postas rurales (2011, MINSAL).

La Problemática del Ruido

Se entiende por contaminación acústica a la introducción de ruidos o vibraciones en el ambiente habitado, generados por la actividad humana, en niveles que produzcan alteraciones, molestias o que resulten perjudiciales para la salud de las personas, para los seres vivos, o produzcan deterioros en los ecosistemas naturales. Por lo tanto para que existan condiciones de contaminación acústica, deberá concurrir simultáneamente la existencia de fuentes emisoras de ruido y la existencia de receptores sensibles a dichas emisiones.

El ruido ambiental se reconoce internacionalmente como la contaminación más común por la multiplicidad de fuentes que lo generan, además de ser un fenómeno que va en aumento inevitablemente debido a la propia actividad humana y el crecimiento de las ciudades. Así, los mayores problemas se generan en zonas donde existe una incompatibilidad de los usos de suelo o en zonas donde conviven actividades de distinta característica, como una alta presencia de actividad industrial junto a una zona residencial, tal como el caso de Coronel [CONAMA 1997].

Efectos del Ruido

La problemática del ruido ambiental comúnmente no se releva, debido a algunas de sus características, como ser un contaminante invisible y que no deja residuos. Sin embargo, si genera efectos importantes, tanto fisiológicos como psicológicos, y que por ende, genera un gran detrimento en la calidad de vida de la población. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud es el estado de completo bienestar, físico, mental y social, y no simplemente la ausencia de enfermedad. Esta definición de salud considera el concepto de bienestar y calidad de vida y en este sentido los impactos de ruido, tales como molestia en la población, interferencia con la comunicación y deterioro del rendimiento, son efectos adversos para la salud [CONAMA 1997].

La hipoacusia fue uno de los primeros efectos comprobados del ruido, especialmente de carácter industrial, sin embargo, actualmente existen muchas investigaciones que han arrojado evidencias respecto a los efectos del ruido ambiental en otros sistemas del organismo humano, que generan problemas a nivel cardiovascular, estrés o trastornos del sueño, entre otros.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que en Europa cada año se pierden por causa del ruido de tránsito al menos 1 millón de años de vida saludable, incluyendo 61.000 años por enfermedades cardíacas, 45.000 por pérdidas cognitivas de niños, 903.000 por alteración del sueño, 22.000 por tinnitus y 654.000 por molestia. Estos datos deben orientar las medidas de control de ruido generado por el tránsito vehicular [UACH 2015]. Más aún, en 2015, la OMS advirtió que 1.100 millones de adolescentes y jóvenes corren el riesgo de sufrir pérdida de audición, tanto por el uso de aparatos personales, como por ruido externo.

Problemática del ruido en la comuna de Coronel[1]

El rol productivo de la comuna está representado principalmente por su amplio cordón industrial localizado al norte de la ciudad, constituido por los Parques Industriales Escuadrón 1 y 2 y el Parque Industrial Coronel, áreas de extensa magnitud (700 hás) destinadas para la inversión productiva y la consolidación de la actividad de industrias en la Región del Biobío. [PLADECO 2015]. Aunque no generan denuncias de ruido, se es fundamental analizar la situación y considerar medidas preventivas tendientes a evitar el aumento futuro de los niveles de ruido hacia zonas residenciales cercanas a los parques industriales.

[1] Al analizar la problemática socioambiental de Coronel, se percibe que Coronel puede dividirse en dos sectores, Coronel Norte y Coronel Sur donde el área del humedal Boca Maule es considerada el trazo divisorio, tal como se muestra en la Figura 1.

A ello se suma el importante sector pesquero artesanal con caletas emplazadas en el sector sur, entre ellas Caleta Lo Rojas (la más relevante a nivel nacional) y el grupo de empresas pesqueras emplazadas en la Bahía de Coronel, las que conforman el núcleo pesquero más importante del país.

Además, el sector Sur tiene una fuerte presencia de actividad productiva y energética aledaña a la población residente, lo que se traduce en una problemática socioambiental, donde se generan reiteradas denuncias por los altos niveles de ruido. En detalle, las actividades desarrolladas en el sector Sur son aquellas vinculadas al comercio y servicios básicos de la ciudad; pescas artesanales y afines; pesca industrial y empresas procesadoras de productos del mar; todo esto junto a la actividad portuaria que también abastece de carbón a las dos centrales energéticas ubicadas también en este sector.

Así, se han detectado diversas fuentes de ruido preponderantes, como la misma actividad industrial, venteos de las centrales de energía, el ruido producto del traslado de contenedores y una cinta transportadora de material que cruza el sector. Esta situación se agrava con el tráfico de camiones de carga por las distintas vías de la ciudad y el tránsito vehicular de la Ruta 160 (une provincia de Concepción con la de Arauco) que se encuentra cercano a la población en el tramo de Coronel.



Legislación nacional aplicable al ruido ambiental

En Chile, existe una norma ambiental, la Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica (Decreto Supremo N° 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente), que regula las actividades productivas (industriales, actividades de construcción, etc.) estableciendo límites máximos de emisión, diurnos y nocturnos, dependiendo de la zona en la que se encuentre el receptor del ruido. La fiscalización de esta normativa es facultad de la Superintendencia del Medio Ambiente[2].

Por otro lado, los proyectos de inversión que se pretendan desarrollar en Chile y que se encuentren en la lista de proyectos o actividades señalados en el artículo 3° del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) deben obligatoriamente someterse al Sistema de Evaluación Impacto Ambiental (SEIA). La Evaluación de Impacto Ambiental es un procedimiento que vincula al titular de un proyecto o actividad con

[2] 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 (en el caso de ruido – SEREMIs de Salud Regionales), 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.

la autoridad ambiental, a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para demostrar que el proyecto cumple con las normas ambientales, o que se hace cargo adecuadamente de los impactos ambientales que genera, por ejemplo el contaminante ruido.

Así, en la Evaluación del Impacto Ambiental de la componente ruido, se aplica la norma de emisión vigente para actividades productivas, el mencionado D.S. N°38/2011 del MMA. Para el caso de otras fuentes, no reguladas en el país (como para el caso del tráfico vehicular y ferroviario) el sistema exige el cumplimiento de normas de referencia extranjeras establecidas en el mencionado reglamento del SEIA, como el Reglamento de la Confederación Suiza, OPB 841.41, por ejemplo. La decisión de la normativa a utilizar en un proyecto específico sometido al SEIA es relevante, ya que, una vez decidida la normativa, se deberán respetar los indicadores y métodos correspondientes en todo el proceso de análisis de efectos o impactos, según sea el caso.

El presente Estudio

Por lo descrito anteriormente, el MMA ha considerado adecuado estudiar los niveles de ruido presentes en la comuna de Coronel, con el fin de identificar las diferentes fuentes que los generan, y así poder también analizar las posibles soluciones. Para este efecto el estudio se estructuró en 6 fases de trabajo.

Fase 1: Diagnóstico de base. Considera visitas a terreno, talleres con la comunidad, monitoreo continuo de ruido y revisión de la información disponible, conducente a identificar y priorizar los lugares, fuentes y horarios críticos.

Fase 2: Mediciones detalladas. Considera mediciones de potencia acústica, cuantificación de flujos y ruido por tránsito y la caracterización de fuentes de ruido industrial.

Fase 3: Mapas de ruido. Considera la modelación mediante software del ruido de la actividad industrial, ruido vehicular, ruido de trenes y niveles de ruido globales con todas las fuentes.

Fase 4. Análisis y cruce de la información. Mediante SIG se combina información geográfica del IPT con información acústica y datos demográficos. Considera fuentes industriales evaluadas de acuerdo al D.S. Nº 38/2011 del MMA y fuentes móviles (tráfico vehicular y ferroviario) evaluadas según normativa suiza, OPB 841.41. La cartografía (mapas de ruido) de niveles globales determina los porcentajes de superficie y población expuesta, evaluados según criterios OCDE diferenciados en periodo diurno y nocturno.

Fase 5: Factibilidad de medidas de control. Considera medidas de ingeniería y de gestión para fuentes específicas industriales, vías de rodado, vías de ferrocarriles, y para receptores o grupos de receptores sensibles. Se incluyen costos unitarios de dichas medidas.

Fase 6: Discusión crítica y conclusiones. Considera las discrepancias y ambigüedades del sistema regulatorio, la opinión de la comunidad en talleres sobre los resultados, la necesidad de fortalecer la política de ruido y los posibles estudios futuros que se estiman necesarios.

Definición del Área de Estudio

De acuerdo a la definición del área geográfica del estudio, se decidió que la zona de estudio correspondería a la zona urbana de Coronel, de acuerdo al Plan Regulador Comunal (PRC), el cual fue aprobado por Decreto Alcaldicio N° 2465/2013. El área total dentro del límite urbano es de 54,9 km^2, lo cual se observa en la Figura 1.

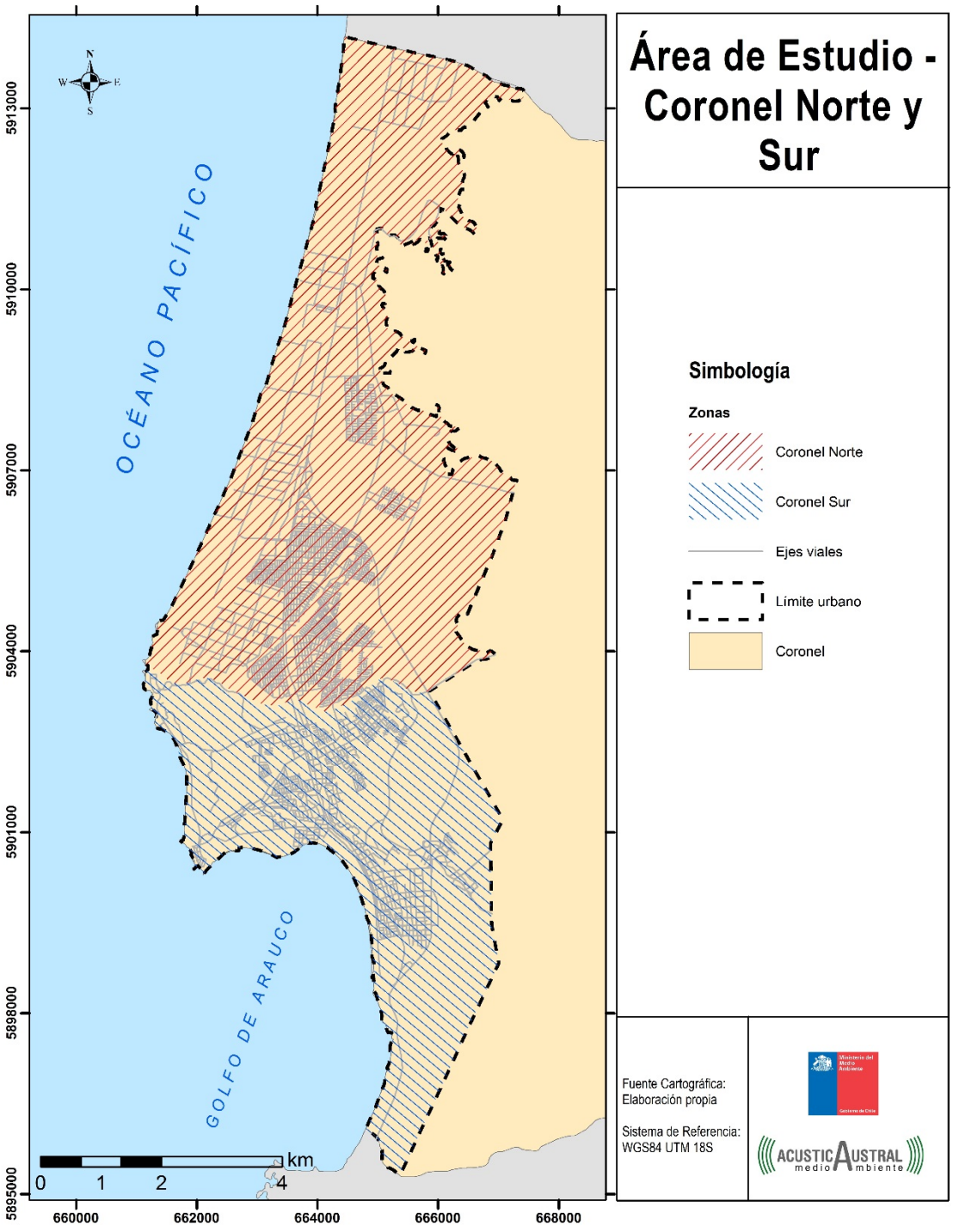


Figura 1: Área de Estudio comuna Coronel. Fuente: Elaboración propia.

Objetivos, Productos y Alcances del Estudio

Los objetivos general y específicos definidos para el presente estudio fueron los siguientes:

Objetivo general

- Entregar al Ministerio del Medio Ambiente antecedentes técnicos que permitan comprender los niveles de exposición de las personas al ruido en Coronel, y proponer un conjunto de medidas costo efectivas para reducir el impacto.

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar acústicamente las fuentes de ruido presentes en Coronel.
- Representar los niveles de ruido presentes en Coronel a través de un mapa de ruido.
- Analizar y evaluar los niveles de ruido presentes en Coronel con normativa nacional vigente y con normativa internacional de referencia.
- Proponer medidas y los costos asociados para reducir los impactos de ruido en Coronel, considerando la emisión, transmisión y recepción del contaminante.

Productos:

- La identificación y caracterización de las fuentes de ruido presentes en toda la zona urbana de Coronel.
- Mapas de ruido representativos de los niveles de ruido generados en toda la zona urbana de Coronel.
- Una evaluación de los niveles de ruido presentes en toda la zona urbana de Coronel con normativa nacional e internacional (como referencia).
- Un conjunto de propuestas de medidas (tanto de gestión y de ingeniería) para aquellos escenarios evaluados que requieran reducir los impactos generados por los niveles de ruido y la estimación de los costos a nivel de perfil de proyecto de dichas medidas.
- Una matriz de actores y los resultados de la percepción que la comunidad tiene del problema ruido ambiental en Coronel.
- Una evaluación de la calidad acústica de los recintos educacionales afectados por ruido en Coronel.

Teniendo en cuenta los objetivos y productos anteriormente mencionados, en este informe se incluye una revisión detallada de la información que se tuvo a disposición para elaborar el estudio, considerando la información sobre denuncias, resoluciones de calificación ambiental (desde el año 1995 en adelante), instrumentos de planificación territorial (IPT), fiscalizaciones y clasificación vial de la comuna para analizar el diagnóstico de la situación actual de ruido ambiental en la comuna.

Como punto de partida adicional, se buscó además conocer la percepción de la comunidad respecto de las principales fuentes de ruido presentes en la comuna, a través de talleres de participación ciudadana (PAC), con el propósito de conocer aquellas actividades que producen mayores niveles de molestia y su distribución dentro del territorio objeto de estudio.

El presente estudio se focalizó en conocer las zonas con altos niveles de ruido, identificación de las fuentes de ruido que lo producen, cuantificando los niveles de potencia sonora, niveles de presión sonora, variabilidad horaria y duración de las mismas.

Esto se realizó mediante la elaboración de mapas de ruido, por fuente (fuentes industriales, tránsito y vía férrea) y globales. Cabe precisar que la caracterización de las fuentes se realizó a partir de mediciones y modelaciones (utilizando un software). En el estudio se detalla la metodología aplicada, tanto para mediciones como para los diferentes análisis, así como los resultados de mediciones y modelamiento acústico (mapas de ruido) para los diferentes tipos de fuentes de ruido presentes en la comuna.

Además, se incluye un análisis socioespacial que se obtiene de la caracterización de las emisiones de ruido de las diferentes fuentes, considerando aspectos como, superficie expuesta a determinados niveles de ruido, comparación con normativa nacional (como el D.S. N°38/11 MMA en el caso de fuentes industriales, por ej.) y criterios internacionales, receptores sensibles (como centros de salud y educacionales) expuestos a determinados niveles de ruido, entre otros.

Cabe mencionar, que la evaluación de las emisiones de ruido de fuentes industriales en relación a la normativa vigente, se entiende como un mero ejercicio de evaluación o presunción de cumplimiento/incumplimiento y en ningún caso se configura como una instancia de fiscalización, asunto que es materia de los organismos competentes, en este caso la Superintendencia del Medio Ambiente.

Por último, una vez obtenida la caracterización de los niveles de ruido en Coronel, se establecen medidas de control de ruido para solucionar la situación de los altos niveles presentes en la zona, proponiendo medidas en las fuentes emisoras, como así mismo, medidas de gestión o buenas prácticas, de forma tal de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Coronel.

El desarrollo anteriormente definido para este estudio se resume de manera gráfica mediante el siguiente diagrama presentado en la Figura 2.

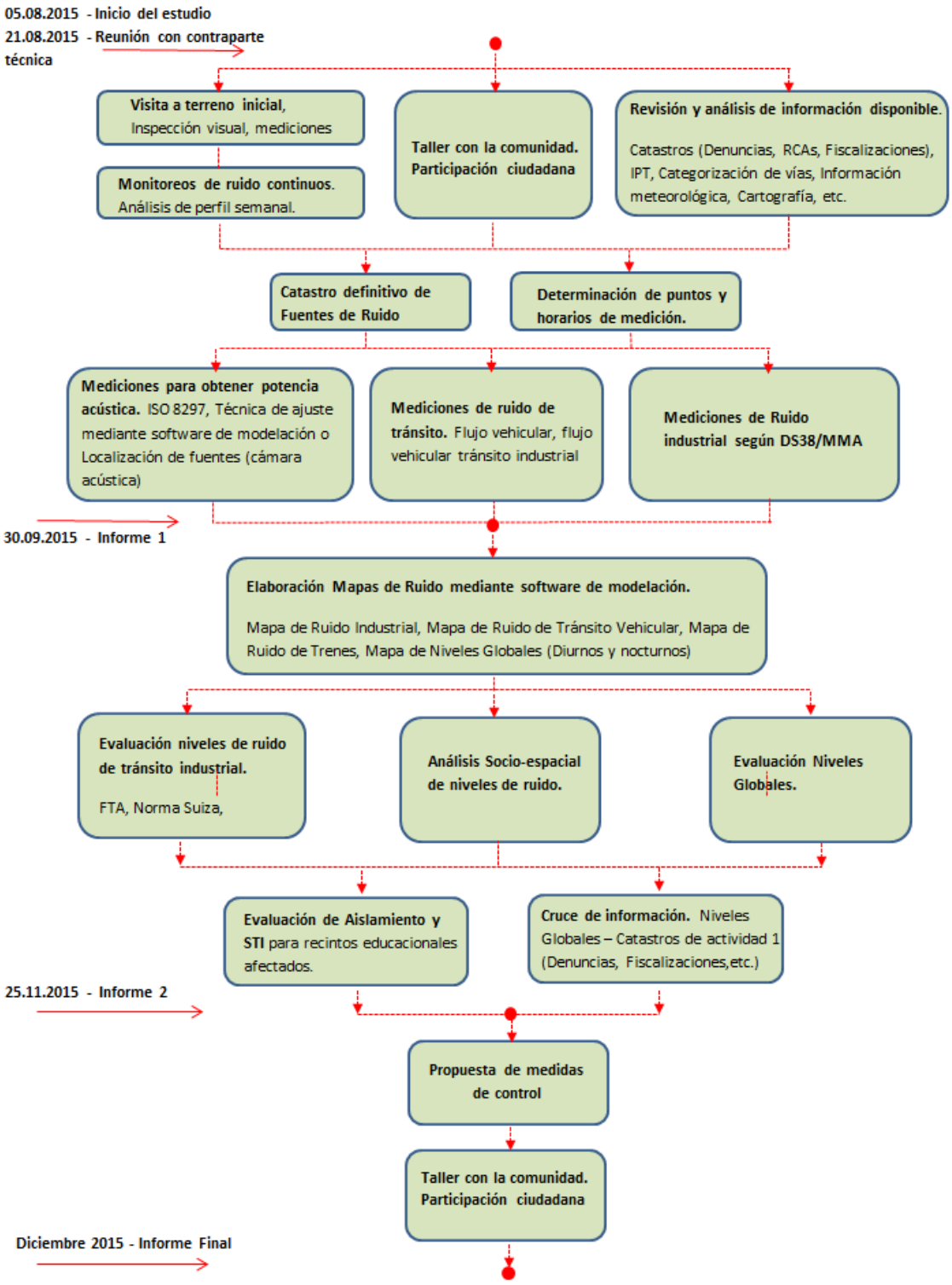


Figura 2: Representación en forma de diagrama de las actividades desarrolladas por el equipo consultor. Fuente: Elaboración propia.

2. METODOLOGÍA

El estudio consta principalmente de tres etapas: diagnóstico de la situación actual, cuantificación de niveles y confección de mapas de ruido y, finalmente, una propuesta de medidas a nivel conceptual para solucionar (en parte) los problemas que se detecten o incumplimiento de normativas nacionales y criterios internacionales.

La fase de diagnóstico incluye una actividad de participación ciudadana (PAC), de la cual se logró levantar una base de datos de las fuentes de ruido más relevantes en la comuna, de acuerdo a la percepción de la comunidad que vive en Coronel, permitiendo focalizar los esfuerzos en la evaluación de esas fuentes de emisión.

En cuanto a la cuantificación de los niveles de ruido presentes en la comuna se realizaron mediciones acústicas para los diferentes tipos de fuentes de emisión las que incluyen actividades de tipo industrial (productivas) y esparcimiento (Pub, centro de eventos), tráfico vehicular y ferroviario presentes en la comuna. Las campañas de medición en terreno se realizaron entre los meses de septiembre y noviembre del año 2015, específicamente a partir del 22 de septiembre, esto al tener en consideración las condiciones climáticas, lo que implicó la inexistencia de chubascos y vientos fuertes (sobre 5 m/s) [ISO 1996], y los plazos iniciales previstos para este tipo de actividades según el cronograma.

En la última etapa se proponen medidas de ingeniería a nivel conceptual y gestión para lograr reducir los niveles de ruido relativamente elevados con los cuales conviven los habitantes del sector Sur de la comuna.

Durante el desarrollo de este capítulo se entregará un detalle del procedimiento que se llevó a cabo para conseguir cada uno de los resultados y contenido de este estudio.

2.1 Recopilación y Análisis de Información para el Desarrollo del Estudio

Para lograr un análisis de la situación actual de la comuna de Coronel, se definió la información necesaria para la correcta realización del estudio, la cual se presenta en la tabla 1. Dicha información fue solicitada por el MMA a las respectivas entidades y entregada al equipo consultor, quienes complementaron esta información durante visitas a terreno y otros medios.

Tabla 1: Tabla resumen información disponible.

Datos	Variables	Disponibilidad
Información cartográfica digital	Plan Regulador Comunal (zonificación)	Municipalidad de Coronel
	Recorridos taxi-buses	Municipalidad de Coronel
	Áreas verdes publicas	Municipalidad de Coronel
	Edificaciones	Municipalidad de Coronel
	Curvas de nivel 10 m	GORE
	Denuncias ruido	Seremi Salud Biobío
	Catastro Fiscalizaciones	SMA
	Red vial	Municipalidad de Coronel
	Línea férrea	GORE
	Red Hídrica	GORE
	Establecimientos educacionales	MINEDUC

Datos	Variables	Disponibilidad
	Establecimientos de Salud	MINSAL
	Plan Regulador Metropolitano (PRMC)	GORE
	Plan Regional Ordenamiento Territorial Biobío (PROT)	GORE
	Sitios de Culto	Municipalidad de Coronel
Información estadística	Información Pre-censal 2012 o proyecciones	INE
	Distritos censales 2012	INE

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los antecedentes recopilados necesarios para el desarrollo del presente estudio, existe cierta información que requiere ser previamente analizada y/o sistematizada, corresponde a datos demográficos de la comuna, clasificación vial y definición de horarios periodo diurno y nocturno, donde el procedimiento que se llevó a cabo con dicha información, se detalla a continuación.

2.1.1 Información demográfica de Coronel

La comuna de Coronel se compone de 115.062 personas en donde aproximadamente el 49% se compone de población masculina y un 51% de población femenina [INE 2015].

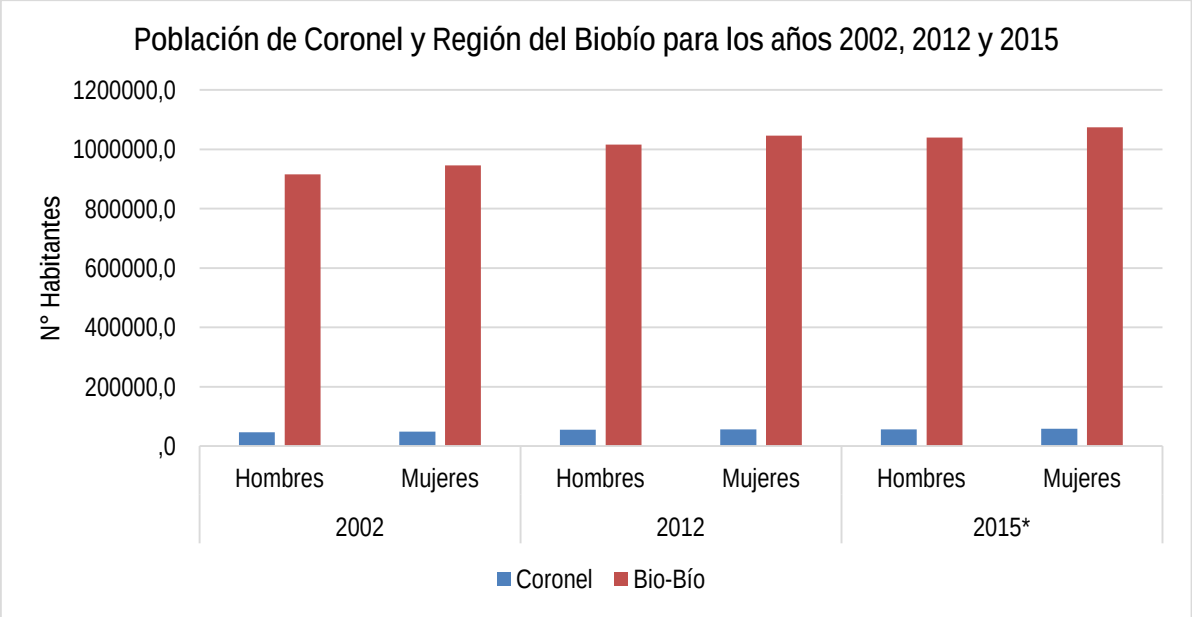


Figura 3: Gráfico de barras con caracterización demográfica comuna Coronel.

Fuente: Biblioteca del congreso Nacional e INE 2015

La población de la comuna se ha mantenido relativamente estable a través de la década, lo que se puede comprobar a través de la tabla 2 y figura 4. La mayor población se concentra en el área urbana de Coronel con un total de 104.709 habitantes (INE, Censo 2012) [INE 2015] la cual corresponde a un 97,17% de la población total.

Tabla 2: Comparativa de población de Coronel

	2002		2012		2015[3]	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Coronel	46.766	48.762	54.670	55.987	56.479	58.583
Biobío	915.200	946.362	1.015.586	1.045.958	1.039.596	1.074.690
País	7.447.695	7.668.740	8.610.936	8.787.698	8.911.940	9.094.467

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional e INE, 2015

Por otra parte, la pirámide de población de la comuna de Coronel describe un fenómeno de envejecimiento. Se puede apreciar que la natalidad tanto en hombres como en mujeres es inferior a sus quinquenios superiores. Por otro lado, es importante destacar la migración de población entre los quinquenios 30-34 y 40-44 tanto en hombres como en mujeres, pudiendo originarse por la búsqueda de nuevas oportunidades laborales o de vida, en general.

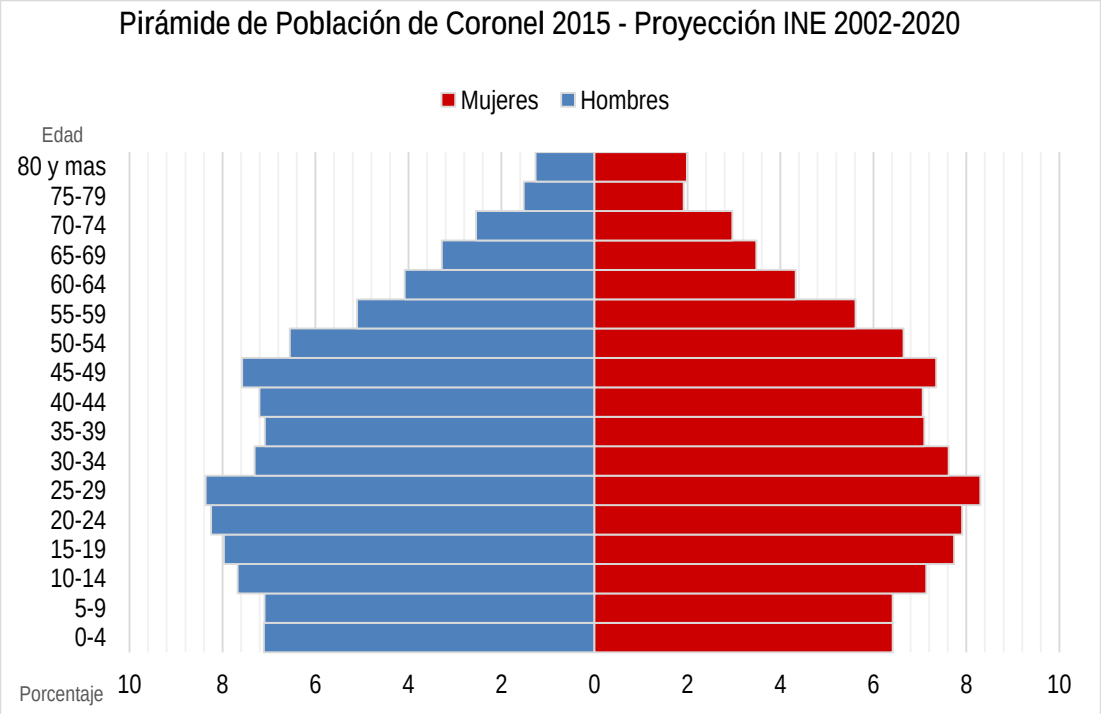


Figura 4. Gráfico con pirámide de población comuna Coronel, proyección INE 2002-2020.

Fuente: INE, 2015. Elaboración propia.

A continuación se presentan los diferentes distritos censales presentes en la comuna de Coronel, según Pre-Censo 2011 [INE 2011].

[3] Proyección obtenida a partir de "Actualización de población 2002-2012 y proyecciones 2013-2020", INE, 2015

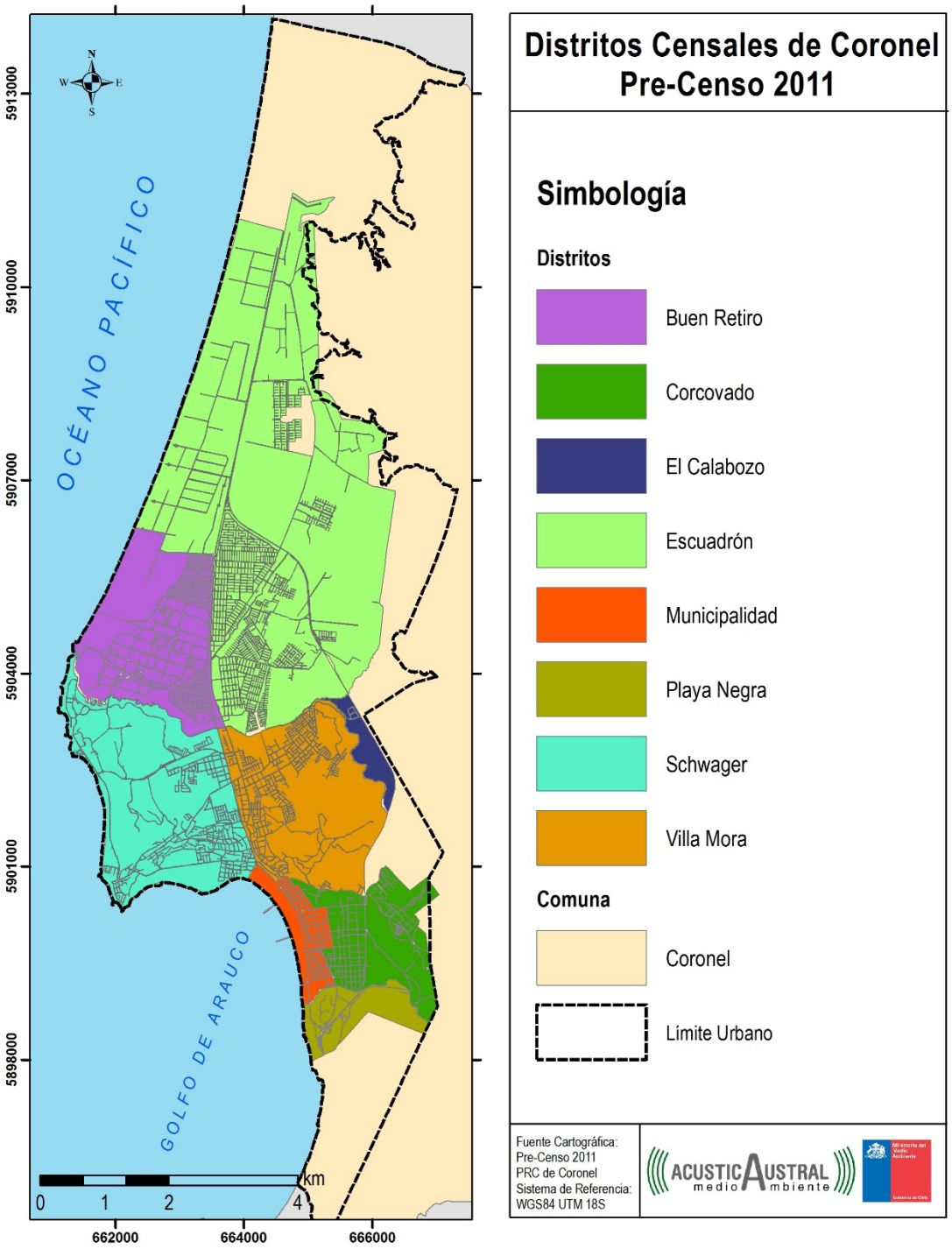


Figura 5: Distritos censales comuna Coronel. Fuente: INE, 2015. Elaboración propia.

Además se muestran, en la tabla 3, los datos utilizados por distrito censal con su respectiva superficie total, superficie edificada y cantidad de habitantes para la posterior evaluación según corresponda. El procedimiento utilizado para calcular la superficie edificada (km²) y la población por distrito se detalla en el capítulo 2.5.5.

Tabla 3: Población por distrito censal en comuna Coronel.

Distrito	Superficie Total (km^2)	Superficie edificada (km^2)	Población (N° habitantes)
Buen Retiro	4,4	0,43260	8.544
Corcovado	2,34	0,34270	9.175
El Calabozo	0,54	0,00285	165
Escuadrón	17,13	1,76678	51.173
Municipalidad	0,69	0,38047	1.810
Playa Negra	1,19	0,02701	0
Schwager	5,76	0,65743	20.825
Sin distrito	13,78	0,13255	1.703
Villa Mora	4,76	0,44134	14.131
Total	50,59	4,18373	107.525

Fuente: INE, 2015. Elaboración propia.

2.2 Recopilación de Información Complementaria al Estudio a través de la Percepción de la Comunidad

La problemática ambiental vinculada al desarrollo del país día a día cobra mayor relevancia en la gestión administrativa y territorial. Junto con ello, el vínculo de las personas y las organizaciones a ésta es directo, ya sea tanto como generadores de causas o receptores de los efectos que se producen. Por lo anterior es de gran importancia conocer desde la perspectiva de las personas que viven en el territorio que se estudiará, cuál es su percepción del ruido existente, cuáles son las posibles fuentes de emisión, horarios, entre otros.

A partir de este escenario, el informe que se presenta incorpora como un elemento adicional, pero de gran relevancia para el equipo profesional, un proceso de consulta y participación ciudadana, que permite conocer la percepción de los actores relevantes de la comuna de Coronel sobre los distintos aspectos que se desarrollan en el estudio de la comuna.

2.2.1 Proceso de consulta y participación ciudadana

Como objetivo general se estableció desarrollar un proceso de consulta y participación ciudadana que permitiera conocer la opinión de los actores relevantes en la temática ambiental sobre las fuentes de emisión de ruido, sus características y las medidas de control de éste. Además, se consideraron como objetivos específicos el identificar a los actores relevantes en la problemática ambiental de la comuna de Coronel, identificar las fuentes de emisión de ruido de la comuna y sus características.

La metodología utilizada es eminentemente de carácter participativa en la cual se recopila información complementaria al estudio de tipo cualitativa.

Se desarrollaron tres instancias de recopilación de información. La primera según se observa en el marco lógico revisión de fuentes primarias y secundarias. La segunda talleres de levantamiento de información y la tercera de revisión de propuestas.

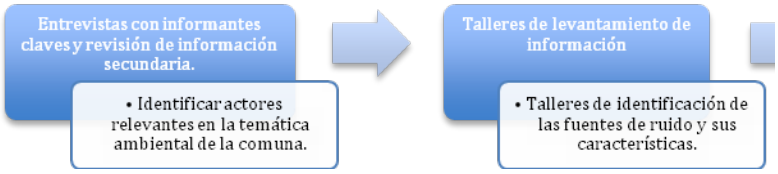


Figura 6: Marco lógico de talleres. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.1. Síntesis de herramientas y técnicas utilizadas

Las técnicas que se utilizaron para lograr los objetivos propuestos fueron:

Técnicas de recolección de información

- Información de Primeras Fuentes: Se efectuaron entrevistas semi estructuradas, técnica cualitativa de recolección de información consistente en una conversación estructurada en base a un guión o pauta de entrevista que permite adquirir información sobre temas específicos.

- Información de Segundas Fuentes: Se revisan documentos, informes y webs institucionales que permiten recopilar información acerca de los informantes claves y los actores relevantes con el fin de poder realizar una matriz de actores relevantes que se invitaron a los talleres de participación ciudadana.

- Mapeo participativo: Se utilizó esta técnica con el fin de obtener información consensuada por los actores relevantes. De esta manera se reúne información con significado para las personas que habitan en el territorio. *El mapeo participativo constituye una modalidad de registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes de una unidad en estudio, dando lugar a ubicarlos y describirlos en el espacio y en el tiempo, así como también documentar las percepciones que los pobladores tienen sobre el estado, su distribución y manejo* [Ardón 1998].

Técnicas de Análisis de Información

- Análisis descriptivo de la información: Esta técnica consiste en la descripción de los elementos y variables identificados, que permiten determinar como es y se manifiesta un determinado fenómeno. Se describen situaciones y eventos. *Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis* [Dankhe 1986].

- Matriz y Perfil de actores sociales relevantes: La Matriz y el Perfil de Actores consisten en técnicas que permiten por medio de definiciones tales como componentes y variables recabadas a través de información secundaria y primaria, identificar actores y las características más relevantes de cada uno de ellos.

Etapas del proceso de participación ciudadana

Para cumplir los objetivos propuestos se desarrollaron dos etapas de este trabajo, las cuales son coherentes con el marco lógico de la figura 6.

Primera etapa

Se realizó búsqueda de información de primeras y segundas fuentes relacionada con la identificación de los actores relevantes. Para lograr estos objetivos se desarrollaron las siguientes actividades:

- Revisión de documentos, informes y webs organizacionales e institucionales.
- Revisión de la información entregada por la contraparte técnica
- Elaboración de matriz de actores relevantes.

Segunda etapa

Se realizaron tres talleres los días 20 y 21 de agosto de 2015 con los actores relevantes con el fin de conocer su opinión sobre las fuentes emisoras de ruido y sus características. Para mayores detalles remitirse al Anexo 11. Para ello se realizaron las siguientes acciones:

- Planificación metodológica y elaboración de programa de los talleres.
- Coordinación logística de los talleres.
- Convocatoria.
- Preparación de insumos y materiales de apoyo de los talleres.
- Confirmación de participantes.
- Ejecución de los talleres.
- Sistematización de cada taller.
- Primer informe de resultados de los talleres.

2.3 Campañas de Medición

Para conocer los niveles de ruido de la comuna, se realizaron varias campañas de medición entre los meses de septiembre a noviembre de 2015. Cabe mencionar que se realizaron mediciones de niveles de ruido tanto para fuentes fijas (actividades productivas, infraestructura portuaria, energética, etc.) como de fuentes móviles (tráfico vehicular y ferroviario). Además de realizar mediciones de flujos vehiculares (conteos) en las distintas calles presente en la comuna.

Dentro de las mediciones acústicas (ruido), se realizaron tanto mediciones continuas como discretas.

Para caracterizar y evaluar la actividad productiva (industrial, comercial, esparcimiento) e infraestructura (energética, portuaria) se realizaron campañas de mediciones discretas, utilizando para ello, tanto cámara acústica como sonómetro integrador-promediador con banda de frecuencia. Se realizaron dos tipos de mediciones, ya sea cercanas a receptores que puedan verse afectados por la emisión de la fuente emisora de ruido, siguiendo el procedimiento indicado en el artículo 16 del D.S. N° 38/2011 del MMA para mediciones exteriores. Además de realizar mediciones para caracterizar las fuentes de ruido presentes al interior de cada proyecto o empresa cuando el ruido de fondo (ambiente) no permitió realizarlas en los receptores aledaños a éstas. Sin perjuicio de ello, ambas mediciones apuntan a realizar posteriormente la evaluación de las emisiones sonoras de cada fuente de ruido, de acuerdo a lo indicado en la normativa nacional vigente, D.S. N° 38/2011 del MMA.

Las mediciones discretas de ruido para las fuentes móviles (tráfico vehicular) se realizaron sólo en periodo diurno mediante campaña efectuada entre el 22 de septiembre y el 13 de octubre de 2015, mediante sonómetro integrador-promediador de niveles de presión sonora en banda ancha.

Por otro lado, las mediciones discretas de flujo vehicular (conteos) se realizaron tanto en el periodo diurno como nocturno, entre el 22 de septiembre y el 8 de octubre de 2015.

Además, se realizaron mediciones de ruido para las fuentes ferroviarias (fuente móvil), vale decir se midió la emisión sonora del Tren de carga y el Biotren, el 25 de septiembre de 2015.

Estas campañas de medición en terreno se realizaron al inicio del estudio, esto al tener en consideración las condiciones climáticas y los plazos previstos para este tipo de actividades según el cronograma.

Por último, con la finalidad de evaluar las condiciones acústicas existentes al interior de receptores sensibles (por la actividad que ahí se genera), como por ejemplo establecimientos educacionales, se procedió a efectuar mediciones de aislamiento de fachadas[4], inteligibilidad de la palabra[5] y tiempo de reverberación[6], todas importantes para medir la interferencia en la comunicación oral al interior de un recinto, en cuatro establecimientos considerados representativos de la cuidad de Coronel durante los días 28 y 29 de enero de 2016.

En un establecimiento educacional, las condiciones acústicas son relevantes en el proceso de aprendizaje, una mala condición acústica tiene efectos negativos sobre actividades pedagógicas, interfiriendo en el correcto grado de comunicación dentro del aula. Para cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra en este tipo de recintos se utiliza el índice denominado STI (Speech Transmission Index) mediante el cual se puede calificar la calidad de la sala desde el punto de vista de la comunicación oral. Este índice depende fundamentalmente del tiempo de reverberación (el tiempo de reverberación cuantifica la rapidez con que decae el sonido dentro de un recinto) y el nivel de ruido de fondo que depende en gran medida de los niveles de ruido exteriores y el aislamiento acústico de las fachadas de estos edificios.

2.3.1 Mediciones continuas

En el presente proyecto se utilizaron siete (7) estaciones fijas de monitoreo con el fin de registrar datos durante una semana completa (incluye días de semana y fin de semana) en un lugar. El objetivo es conocer el comportamiento temporal de una vía donde, por ejemplo, transite una gran cantidad de vehículos pesados (camiones) o conocer la dinámica acústica del lugar, caso del sector aledaño a las correas transportadoras de chip.

Existen dos tipos de criterios para escoger estaciones de medición continua: el primero, como se mencionó anteriormente, está asociado a conocer la dinámica acústica del lugar (importa el perfil acústico y no el valor de los niveles de ruido). El segundo es para estaciones permanentes, donde las magnitudes (valores) de ruido ambiental si son relevantes. Las estaciones que se utilizaron son del primer tipo, es decir, se utilizaron para estudiar el comportamiento acústico, pero no es necesario utilizar sus datos como valores de referencia en el mapa de ruido [MMA 2013].

Debido al interés por tener una medición con gran resolución temporal, que permitiera detectar eventos de ruido de corta duración, en el caso de que ocurran, se optó por registrar los niveles por cada segundo en cada estación de monitoreo.

A continuación, en la tabla 4 se detallan cada una de las estaciones continuas con su respectiva información, luego en la figura 7 se representa la distribución espacial.

[4] Índice de Aislamiento acústico: determina el grado de aislamiento acústico frente al ruido exterior en dB.

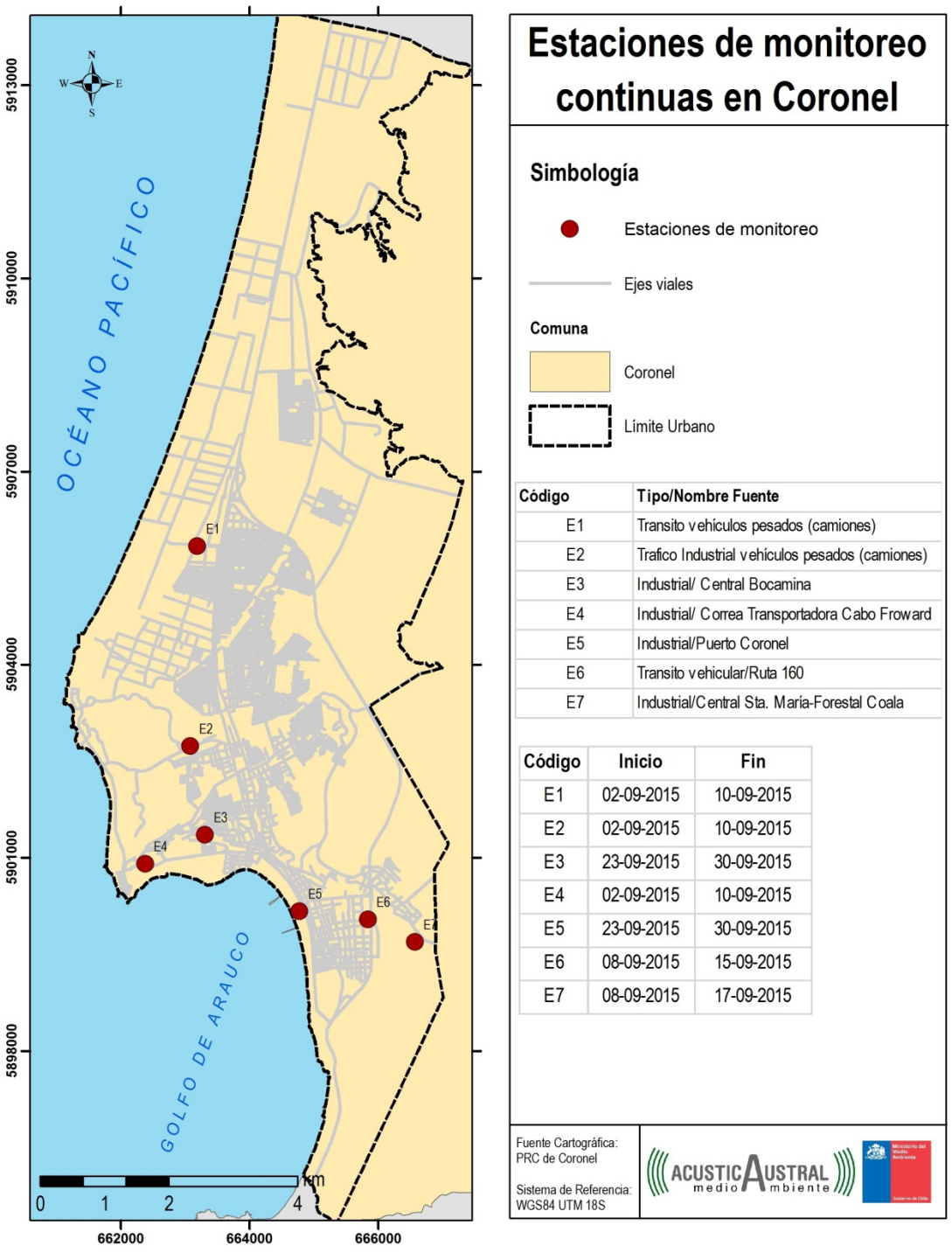
[5] Inteligibilidad de la palabra: cuantificación objetiva del porcentaje de palabras que se espera sean correctamente comprendidas por la audiencia, se mide por ejemplo mediante el STI (speech Transmission Index)

[6] Tiempo de reverberación: tiempo en que la energía acústica en un recinto decae a una millonésima parte (es decir 60 dB) desde que se apaga una fuente sonora

Tabla 4: Tabla información estaciones de monitoreo fijas.

N°	Código	Tipo/Nombre Fuente	Coordenadas UTM WGS 84 18S		Fechas		Sector
			Norte (m)	Este (m)	Inicio	Fin	
1	E1	Tráfico Industrial vehículos pesados (camiones)	5905840	663185	02-09-15	10-09-15	Parque Industrial Coronel, Zona Norte
2	E2	Tráfico Industrial vehículos pesados (camiones)	5902733	663079	02-09-15	10-09-15	Acceso Puerto Coronel de vehículos pesados provenientes Zona Sur
3	E3	Industrial/ Central Bocamina	5901354	663307	23-09-15	30-09-15	Puchoco, Zona Sur
4	E4	Industrial/ Correa Transportadora Cabo Froward	5900906	662372	02-09-15	10-09-15	Puchoco, Zona Sur
5	E5	Industrial/Puerto Coronel	5900169	664774	23-09-15	30-09-15	Interior Puerto Coronel, Zona Sur
6	E6	Tráfico vehicular/Ruta 160	5900038	665839	08-09-15	15-09-15	By Pass Ruta 160, Zona Sur
7	E7	Industrial/Central Sta. María-Forestal Coala	5899689	666569	08-09-15	17-09-15	Camino a Patagua, Zona Sur

Fuente: Elaboración propia.



Código	Tipo/Nombre Fuente
E1	Transito vehículos pesados (camiones)
E2	Trafico Industrial vehículos pesados (camiones)
E3	Industrial/ Central Bocamina
E4	Industrial/ Correa Transportadora Cabo Froward
E5	Industrial/Puerto Coronel
E6	Transito vehicular/Ruta 160
E7	Industrial/Central Sta. María-Forestal Coala

Código	Inicio	Fin
E1	02-09-2015	10-09-2015
E2	02-09-2015	10-09-2015
E3	23-09-2015	30-09-2015
E4	02-09-2015	10-09-2015
E5	23-09-2015	30-09-2015
E6	08-09-2015	15-09-2015
E7	08-09-2015	17-09-2015

Figura 7: Distribución de estaciones continuas de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Mediciones discretas

Mencionar que son las mediciones discretas, cuales fuentes se miden a través de este tipo de mediciones y un cuadro que resuma este tipo de campañas de monitoreo con cada una de sus fuentes y fechas de medición, como el utilizado para las mediciones continuas.

Tabla 5: Tabla resumen con fechas de medición realizadas para fuentes fijas.

Nombre proyecto o fuente emisora de ruido	Tipo de actividad	Zona	Fecha	Tipo de medición
Central Termoeléctrica Bocamina	Infraestructura energética	Coronel Sur	03-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
Central Termoeléctrica Bocamina	Infraestructura energética	Coronel Sur	04-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior/Mediciones en receptores
Planta Astillado Coronel	Actividad productiva	Coronel Sur	03-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
Planta Astillado Fulghum Fibres Chile	Actividad productiva	Coronel Sur	03-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
Parques Industriales Escuadrón I, II; Parque Industrial Coronel	Actividad productiva, infraestructura energética, etc.	Coronel Norte	15-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			21-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			22-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			25-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			26-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			08-10-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
			09-10-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
Maderas Diezco	Actividad productiva	Coronel Norte	22-09-2015	Medición en receptor
Metalmecánica ANSU	Actividad productiva	Coronel Norte	22-09-2015	Medición en receptor
Pubs (El Viejo Roble, Unicornio Azul, Corazón valiente)	Actividad esparcimiento	Coronel Norte	14-11-2015	Medición en receptor
Butan Centro de Eventos	Actividad esparcimiento	Coronel Sur	21-11-2015	Medición en receptor
Talleres y Fábricas de Panderetas, sector población Leandro Moreno	Actividad productiva	Coronel Norte	13-11-2015	Medición en receptor
Compañía Molinera Arauco	Actividad productiva	Coronel Norte	13-11-2015	Medición en receptor
Pesquera Bahía Coronel	Actividad productiva	Coronel Sur	12-11-2015	Medición en receptor
			13-11-2015	Medición en receptor
			21-11-2015	Medición en receptor
Planta Camanchaca	Actividad productiva	Coronel Sur	13-11-2015	Medición en receptor
			21-11-2015	Medición en receptor

Compañía Puerto de Coronel (sector Bahía)	Infraestructura Portuaria	Coronel Sur	23-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el interior
			20-11-2015	Medición en receptor
			21-11-2015	Medición en receptor
Compañía Puerto de Coronel (sector fundo El Manco)	Infraestructura Portuaria	Coronel Sur	23-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el interior
			20-11-2015	Medición en receptor
			21-11-2015	Medición en receptor
Central Termoeléctrica Sta. María	Infraestructura energética	Coronel Sur	22-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el interior
Correa transportadora carbón	Actividad productiva	Coronel Sur	23-09-2015	Caracterización de fuente de ruido desde el interior
Planta Astilladora Forestal Coala (sector fundo El Manco)	Actividad productiva	Coronel Sur	23-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior
Correa transportadora chip	Actividad productiva	Coronel Sur	26-09-2015	Caracterización de fuentes de ruido desde el exterior

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a instrumental para realizar las mediciones de tipo discretas, se dispuso de sonómetros integradores-promediadores y cámara acústica (instrumental avanzado), los cuales se detallan a continuación.

Instrumental de medición convencional

Dentro de los instrumentos de medición se utilizaron 4 sonómetros indicados en la tabla 6, con sus debidos calibradores (cumplen con especificaciones [IEC 2002], [IEC 2003]). Además, se contó con una estación meteorológica portátil (anemómetro, medidor de temperatura y humedad).
Cabe precisar que todo el instrumental utilizado cumple con las exigencias de los procedimientos de medición considerados en el estudio.

Tabla 6: Instrumental utilizados en campañas de medición.

Marca	Modelo	Precisión	Característica	Fotografía
Norsonic	NOR 131	Tipo 1	Sonómetro Filtro de 1/1 Octava	
Norsonic	NOR 140	Tipo 1	Sonómetro Filtro de 1/1 y 1/3 Octava	

Marca	Modelo	Precisión	Característica	Fotografía
Quest	SE-402	Tipo 2	Sonómetro Filtro de 1/1 Octava	
Larson Davis	LxT2	Tipo 2	Sonómetro Filtro 1/1 y percentiles	
CI	eRuidox	Tipo 2	Estación de Monitoreo	
Kestrel	3000	-	Estación Meteorológica Portátil (Anemómetro, medidor de temperatura y humedad)	

Fuente: Elaboración propia.

Instrumental de medición avanzado (cámara acústica)

Se utilizó una cámara acústica GFai para la medición y localización de fuentes de ruido de plantas industriales, posibilitando la medición a distancias considerables de la fuente (exterior de las empresas), entre 4 y 500 metros y además, en un amplio rango de frecuencias. La utilización de la cámara acústica implica importantes beneficios, en lugar de colocar micrófonos en torno a la máquina o planta industrial para identificar fuentes principales, el objeto (industria o máquina) es analizado como un todo permitiendo establecer con claridad que partes están particularmente implicados en la generación del ruido. La utilización de esta tecnología permite establecer con precisión desde donde provienen mayores niveles de ruido, con una medición desde el exterior de una planta industrial. Esta ventaja se hace aún más relevante en el caso de la existencia de fuentes a gran altura, para las cuales en la mayoría de los casos se tiene serias dificultades de acceso que hacen imposible obtener datos adecuados mediante la utilización de instrumental convencional (sonómetros). En la siguiente imagen, figura 8, se ejemplifica el tipo de información obtenida mediante la cámara acústica, se puede observar que se detectan claramente fuentes predominantes a diferentes alturas, llegando incluso a fuentes ubicadas por sobre los 12 metros.



Figura 8: Ejemplo medición con cámara acústica. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, en la caracterización acústica de las fuentes (asignación de potencias y contenido espectral) resulta relevante la aplicación de herramientas de post-procesado que permitan refinar la localización de fuentes predominantes. Entre las herramientas utilizadas se encuentran el post-procesado HDR (high dynamic range), borrado de fuentes, foto espectral, etc. El Sistema de medición guarda los archivos de audio de cada uno de los 48 micrófonos (arreglo de micrófonos), por lo cual es posible probar y ajustar diferentes técnicas de proceso con posterioridad las veces que fuese necesario.

El modelo del arreglo de micrófonos utilizado (concebido y optimizado para aplicaciones de ruido industrial) se describe a continuación:

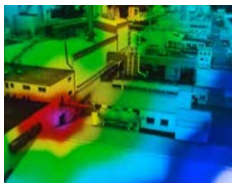
• Aluminium array-body diameter: 3,4m • Weight: 7.4kg • SymBus microphone connectors via differential conditioning • Advanced disturbance tolerant ¼" symmetrically buffered electret pressure receivers (based on Sennheiser microphone capsule 4211) • Number of microphones: 48 • Frequency response of microphones: 20Hz-20kHz (± 3dB) • Dynamic range of microphones: 28-130dB (A-weighted) • Acoustic maps from 11dB-130dB • Max. equivalent sound level: 130dB • Symmetrical output resistance: 100 Ω • Recommended measurement distance: 4-500m • Recommended mapping frequencies: 100Hz-13kHz • Single map dynamic: 6-7dB (CBF) using HDR 20-40dB • Backward attenuation: up to 20dB • Connecting Array Cable length to • data recorder: 1-20m • Video camera: Ethernet, different frame rates and resolutions available • Ingress protection code: IP20	  

Figura 9: Características del arreglo de micrófonos a utilizar con cámara acústica. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.1. Actividad industrial

Se realizaron mediciones (sonómetro/cámara acústica) tendientes a establecer valores adecuados de potencia acústica para aquellas fuentes determinantes en la modelación de ruido de plantas industriales, tanto en el sector norte como sur de la comuna. Dado que la caracterización espectral es fundamental a la hora de establecer posibles medidas de control, se consideró la obtención de espectros de frecuencia en bandas de octava.

Las mediciones con la cámara acústica permitieron localizar fuentes de ruido de manera precisa en el menor tiempo posible y a varios cientos de metros de distancia, acorde con los escasos tiempos definidos por el estudio para esta etapa.

Además, se realizaron mediciones mediante sonómetro en dos periodos horarios, diurno y nocturno, con un tiempo de muestreo, acorde a la Norma nacional vigente, D.S. N° 38/2011 del MMA, la cual, para mediciones exteriores señala realizar tres (3) registros de 1 minuto de duración en el punto o lugar donde se encuentre el receptor. De esta forma se logran obtener, en algunos casos los niveles de presión sonora continuo equivalentes (NPSeq o Leq) o un nivel de potencia acústico (Lw), a partir de un nivel de presión sonora (Lp) a una distancia de referencia (distancia de medición respecto de la fuente emisora que quiere caracterizarse). Para mayores detalles referidos a la caracterización de los niveles de presión sonora, ver Anexo 7.

A continuación se detallan las mediciones realizadas para las Zonas Norte y Sur de la comuna.

Zona Norte

Para la Zona Norte, donde se emplazan los parques industriales Escuadrón I y II, las visitas a terreno permitieron visualizar la inexistencia de zonas sensibles o sectores con un uso habitacional efectivo dentro de la misma área de los parques. Sin embargo, existen zonas mixtas, donde se permite el uso habitacional, en zonas emplazadas a distancias considerables de los parques, específicamente al otro lado de la Ruta 160, donde también existe la presencia de actividades productivas. Para el caso del parque industrial Coronel

existen zonas mixtas cercanas, emplazadas en el mismo lado del parque (dirección sur), el cual también agrupa establecimientos educacionales próximos, como por ejemplo el Liceo Técnico profesional de la Madera, Colegio American Junior y el Colegio Einstein.

Para estos parques se han dispuesto alrededor de 65 puntos de medición considerados suficientes para caracterizar las emisiones de ruido de los parques cubriendo la totalidad del sector. Además se emplazaron tres (3) puntos de medición frente a los parques industriales, específicamente para verificar el cumplimiento de algunos talleres y maestranzas que se concentran entre la Ruta 160 y Av. Villa Verde en receptores cercanos.

En este caso particular, se determinó agrupar las fuentes emisoras de ruido (actividades productivas/infraestructura) por manzanas, obteniendo un nivel de ruido promedio, resultante de las mediciones realizadas para caracterizar cada frente de radiación por cuadra, en la mayoría de los casos. Estas mediciones permitieron establecer un nivel de potencia acústica estimada para fuentes o grupos de fuentes que forman parte de los complejos industriales antes mencionados.

A continuación, se detallan en la tabla 7, los puntos de medición y el nombre de la industria y/o la fuente/proceso que determinó el nivel de ruido medido. Luego la figura 10 muestra la distribución espacial de los 70 puntos medidos en el área que alberga a los parques industriales antes mencionados.

Tabla 7*:* Puntos de medición zona Norte de Coronel.

N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso	N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso	N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso
P01	Áridos Lleu Lleu	P25	Pesquera Food Corp (sala compresores y torres de enfriamiento)	P49	Fábrica de pellets Biopower (Extractor aéreo)
P02	Polycapo	P26	Pesquera Food Corp (área despacho camiones)	P50	No se identifica
P03	Hormigones Grau (mesas vibratoria)	P27	No se identifica	P51	Iti Chile (moldureras)
P04	Termoeléctrica ENESA	P28	Hormigones BSA (sistema de extracción)	P52	Conservera Andamios Layher (caída descartes lámina metálica, grúa horquilla, reparación andamios)
P05	Resinas Biobío (bombas)/ENESA	P29	Planta Hormignes BSA (mezclador y camiones)	P53	Maderera Sandoor (ciclones silos de aserrín)
P06	Metalmecanica (esmeril angular)	P30	BSA y Davidson	P54	Solvay, Sandoor)
P07	Coinfa (fundición)	P31	CMPC Maderas (Triturador)	P55	Iti Chile (ciclones silos de aserrín)
P08	Planta Arenera	P32	Recicladora (no se identifica nombre empresa)	P56	Sandoor (ciclones silos de aserrín) y Cementos Polpaico
P09	Prosesa (refinadora aceite)	P33	EWOS	P57	Cementos Polpaico
P10	Galvanizadora Galvaocho (grúas horquilla)	P34	CMPC	P58	Maderera Sandoor (equipos madereros)
P11	Metalmecanica Prosein	P35	Reciclado botellas vidrio (rotura)	P59	Cementos Polpaico
P12	Oxiquim (bombas, motores eléctricos, reactores, torres de enfriamiento, venteos vapor)	P36	EWOS (patio despacho Camiones)	P60	Graneles industriales (cargador y camiones)

N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso	N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso	N°	Nombre Industria y/o Fuente/Proceso
P13	Oxiquim (Torres Enfriamiento)	P37	Compresores frío	P61	Graneles industriales y taller Terminal de buses Nueva Takora
P14	Remanufactura Noramco	P38	Planta térmica	P62	Cementos Polpaico
P15	Astillador Noramco (astillador)	P39	Metalmecanica y Maderera	P63	Cementos Polpaico (extractores)
P16	Noramco (ciclones silos de aserrín)	P40	Planta Hormigones Biobío (mezclador y cargador frontal)	P64	Movimiento de contenedores
P17	Molino de Carozos	P41	San Lorenzo (Torres enfriamiento)	P65	Sodimac (patio de despacho)
P18	Cargador Frontal, camiones	P42	Planta Arenado (estanques de gas)	P66	Sodimac (fabricación planchas acanaladas)
P19	Planta Arenado	P43	Fabricación molduras y equipos para moldaje	P67	Sodimac (fabricación planchas acanaladas)
P20	Empacadora San Juan (extractores aéreos)	P44	Iti Chile (Moldureras)	P68	Maderas Diezco (ciclones silos aserrín)
P21	EWOS (venteo vapor)	P45	No se identifica	P69	Metalmecánica
P22	EWOS (Torres de enfriamiento)	P46	Planta Arenado (estanques de gas)	P70	Metalmecánica Ansu
P23	EWOS (Torres de enfriamiento)	P47	Camiones		
P24	Pesquera Grimar (torres enfriamiento)	P48	Ciclones silos de aserrín		

Fuente: Elaboración propia.

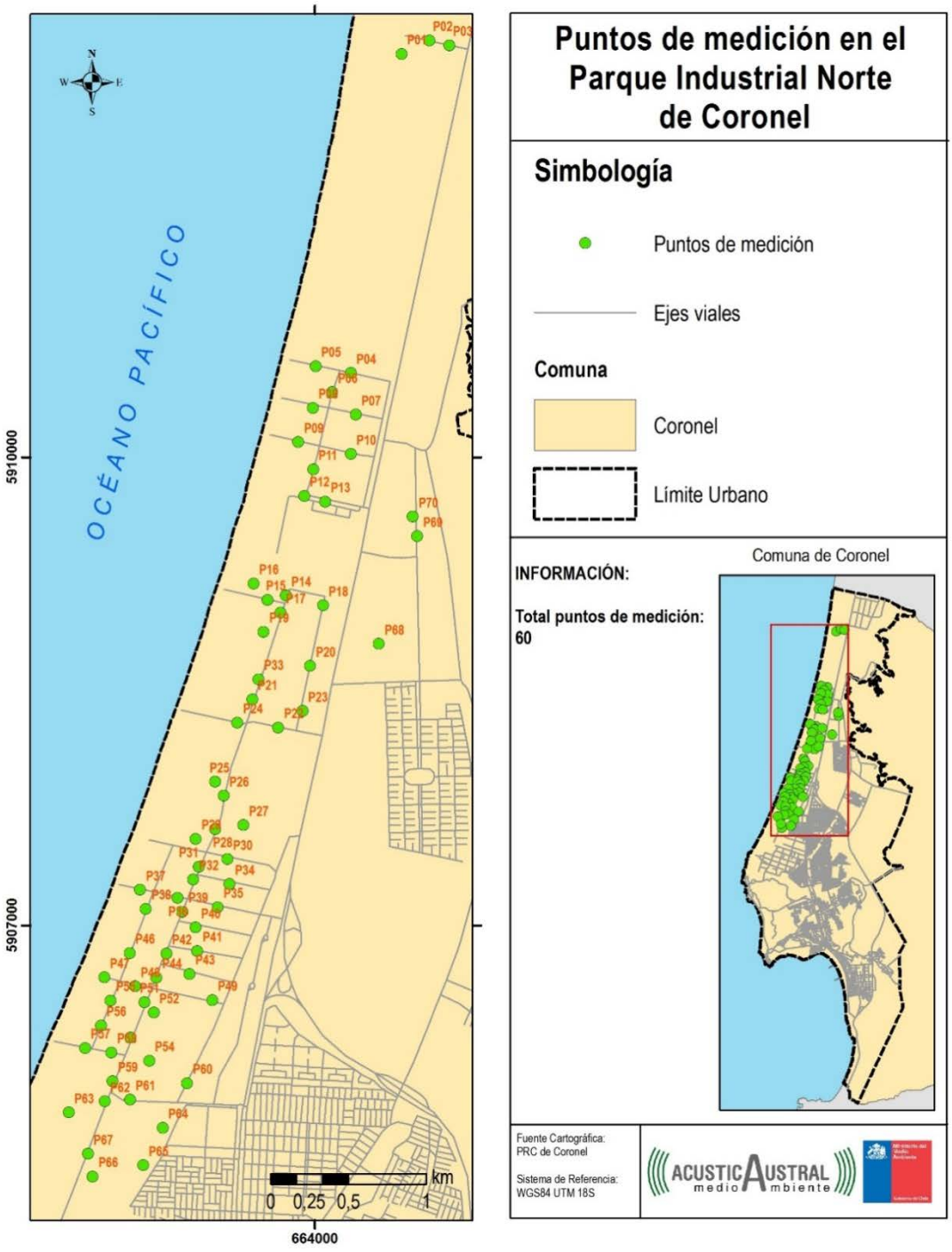


Figura 10*:* Distribución de puntos de medición zona industrial, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia.

Zona Sur

Se realizaron mediciones de caracterización de fuentes de ruido en el sector Sur de la comuna mediante cámara acústica con el objetivo de establecer un nivel de potencia acústica para cada fuente o grupos de fuentes emisoras de ruido. La información obtenida permitió establecer la potencia acústica asociada a cada fuente, para la posterior realización del modelamiento acústico y la cuantificación del impacto, evaluación de

acuerdo al D.S. N° 38/2011 del MMA de cada una de éstas (Fuentes) sobre la comunidad. Además, en los casos que se logró cuantificar la emisión sonora de alguna actividad en los receptores más cercanos, se procedió a obtener el nivel de presión sonora corregido (NPC) para realizar la verificación del cumplimiento de forma directa, según el D.S. N° 38/2011 del MMA.

En las siguientes figuras 11, 12 13, 14 y 15 se muestran la distribución espacial de los puntos de medición con cámara acústica, los cuales sirvieron para establecer niveles de potencia acústica de algunas de las empresas mencionadas en los talleres de participación ciudadana realizados al inicio del estudio, como generadoras de ruido importantes. Las empresas se emplazan en los sectores de caleta Lo Rojas, sector de Puchoco, sector fundo El Manco, By Pass Ruta 160, los cuales en su mayoría colidan con zonas mixtas donde se permite el uso habitacional.

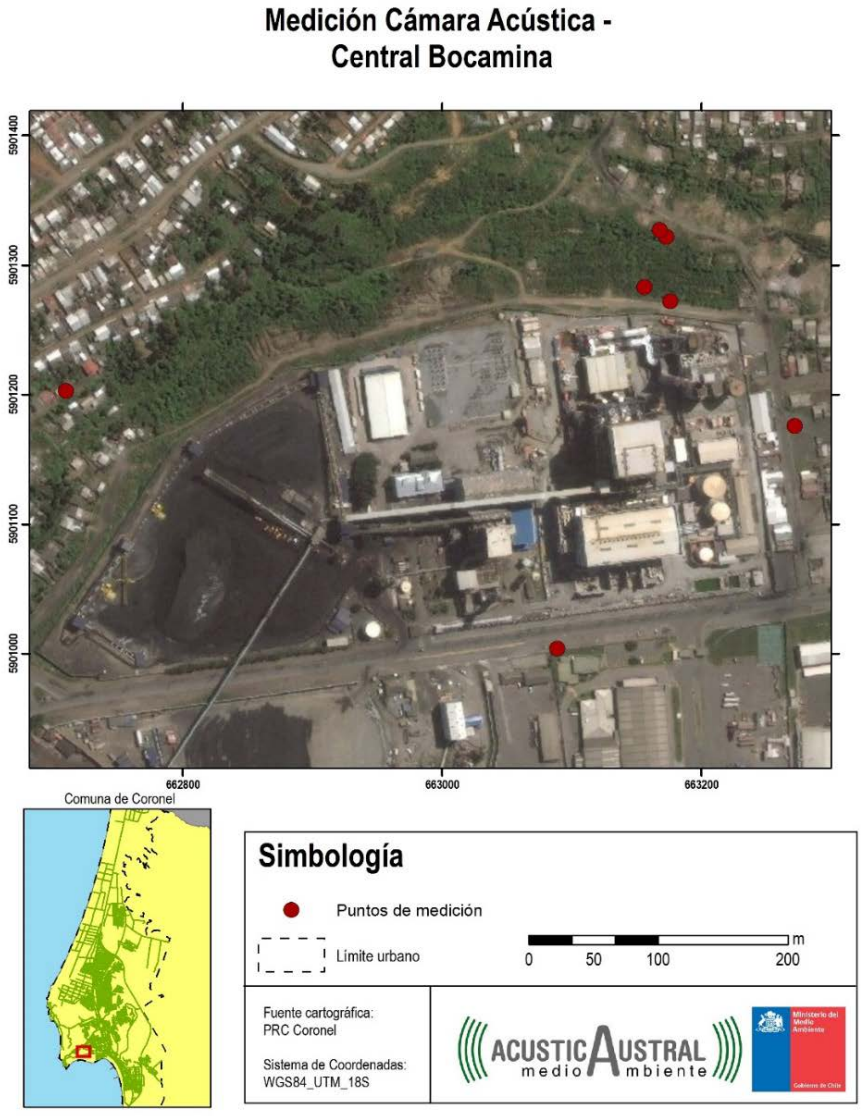


Figura 11: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa ENDESA.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresas Consorcio Maderero, Fulghum Fibres y Cabo Froward. Fuente: Elaboración propia.

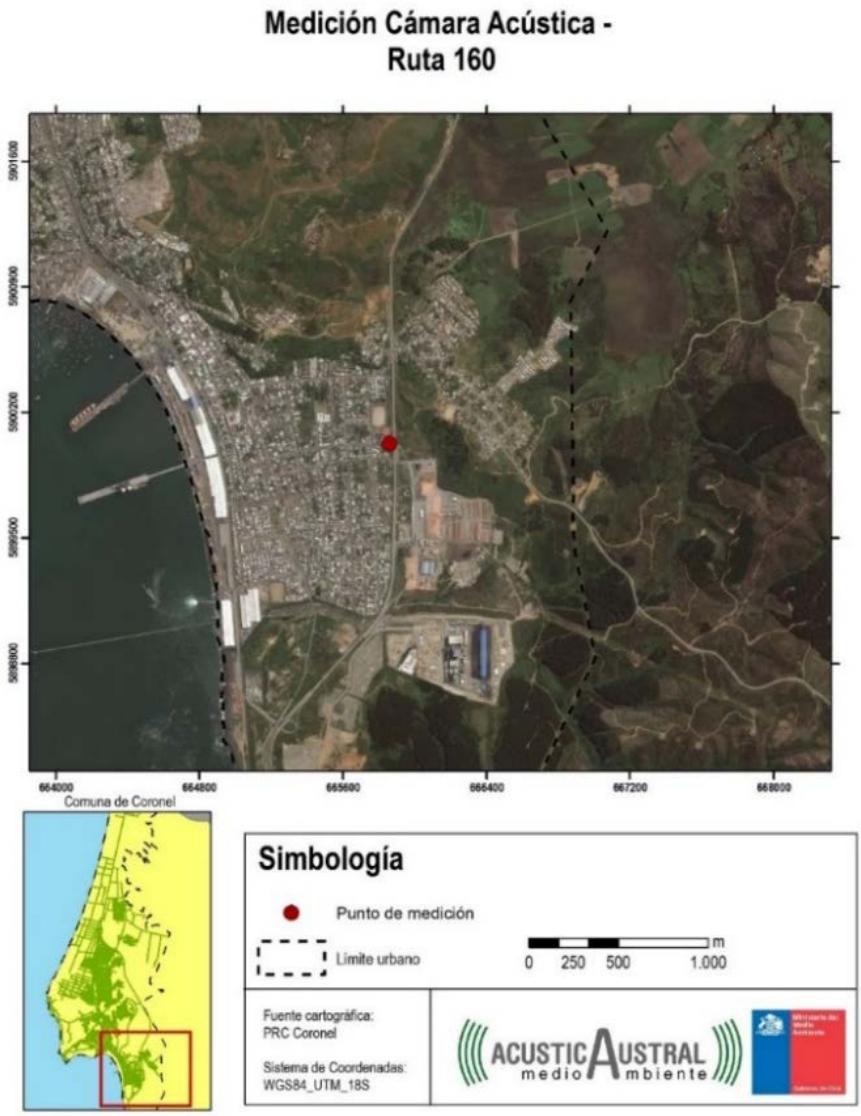


Figura 13: Distribución espacial de punto de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel Ruta 160, empresa Concesionaria Acciona. Fuente: Elaboración propia.

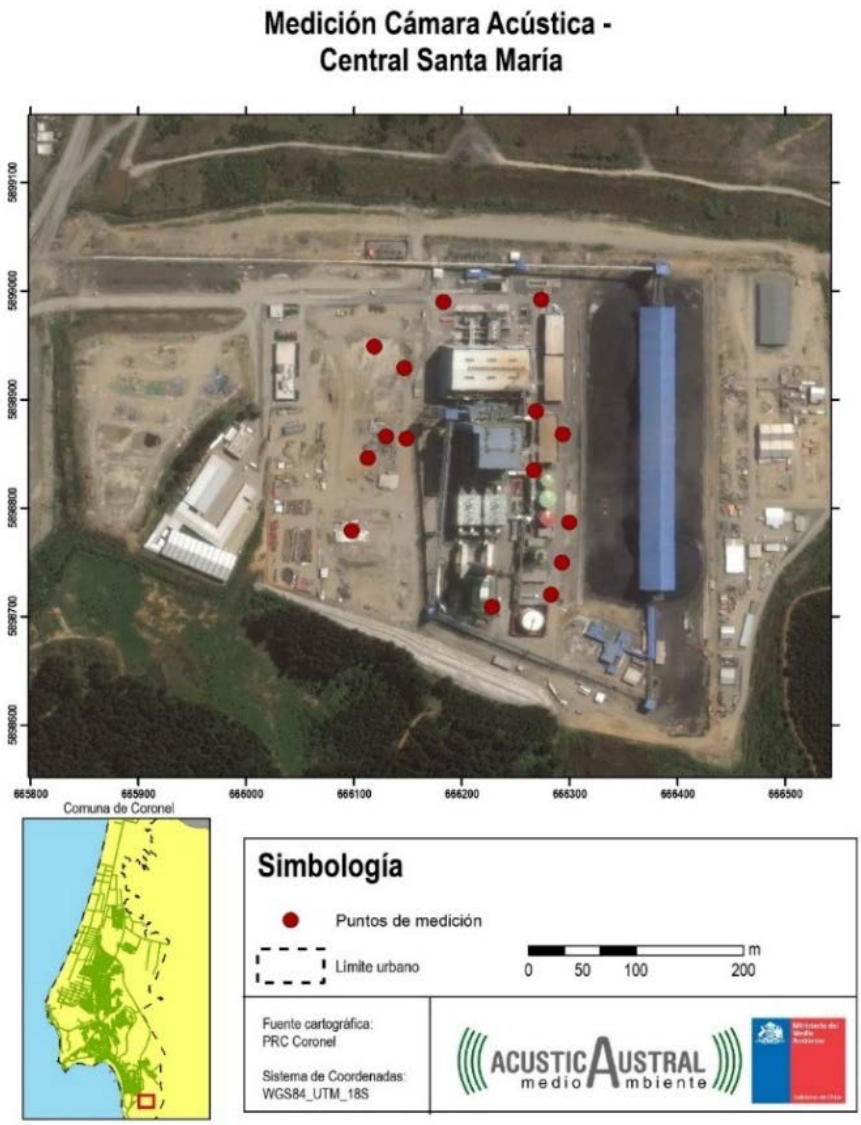


Figura 14: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa Colbún.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Distribución espacial de puntos de medición con cámara acústica zona Sur de Coronel, empresa Colbún.
Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.2. Tránsito vehicular

Se realizaron mediciones de nivel de ruido para los diferentes tipos de vías presentes en la comuna. De acuerdo a la clasificación de las vías, o tramos de vías (una calle podría tener tramos asignados a diferentes categorías), en distintas categorías, se realizó una selección de distintos puntos de medida considerando los siguientes criterios [CONAMA 2009], [MMA 2010], [MMA 2011], [MMA 2013].

- La carpeta no debe poseer alteraciones tales como hoyos, tapas de cámaras de alcantarillado sueltas y reductores de velocidad.
- Descartar sectores con actividades de esparcimiento en la cercanía.
- El punto de medición se ubicará a una distancia mínima de 1 metro perpendicular a la calzada y nunca una distancia mayor a 25 metros.
- Los puntos de medición deberán estar suficientemente alejados de cruces con semáforos, con Disco Pare, con Ceda el Paso, que afecten el flujo vehicular (aceleración, frenado, etc.).

- No debe existir apantallamiento acústico por elementos sólidos entre la fuente de ruido (tráfico vehicular) y el punto de medición.

Para la determinación de los puntos de medición se consideraron las recomendaciones de normativas relevantes para este estudio tanto nacionales como internacionales [ISO 1987], [NCh 1999] y lo establecido en los estudios sobre mapas de ruido realizados anteriormente por el MMA. La selección de cada punto de medición definitivo se realizó en terreno, donde se verificó que efectivamente se cumple con los criterios seleccionados y que el punto de medición no se ve afectado por otras fuentes de ruido externas a la que se desea obtener.

Considerando los estudios previos sobre mapas de ruido realizado por integrantes del equipo consultor, el intervalo de integración para cada medición fue de 15 minutos. Se consideraron al menos los siguientes descriptores: Leq (nivel de presión sonora continuo equivalente), Lmáx y Lmín (nivel máximo y nivel mínimo) en dB(A). Además, durante cada medición se realizó un conteo de vehículos, con el objetivo de descartar el efecto de la variable flujo vehicular sobre la relación entre valor de Leq medido y modelado. Este último punto es relevante a la hora de establecer el modelo de predicción de ruido de tráfico vehicular a utilizar en la elaboración del correspondiente mapa de ruido mediante software de modelación. Se distribuyeron más de 50 puntos de medición dentro del límite urbano de la comuna [CONAMA 2009], [MMA 2010], [MMA 2011], [MMA 2013], [Absentia 2009].

Tabla 8: Distribución de puntos de medición acústica, según clasificación vial comuna Coronel.

REDEVU	Número de calles	Extensión (km)	Número de puntos
Expresa	4	24,39	2
Troncal	6	10,25	5
Colectora	67	105,77	11
Servicio	27	17,98	11
Local	1051	227,69	22
TOTAL	1160	386,07	51

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras 16 y 17, se muestra la distribución de los cincuenta (50) puntos de medición para caracterizar acústicamente los diferentes tipos de vías presentes en Coronel, y realizar la comparativa de estándares de predicción de tráfico vehicular con tal de justificar la utilización (ver ítem 4.2.1), de acuerdo a las características del parque automotriz presente en la comuna.
Además en el Anexo 8 se caracterizan los puntos y se detallan los descriptores obtenidos en terreno para los diferentes tipos de vías presentes en la comuna.

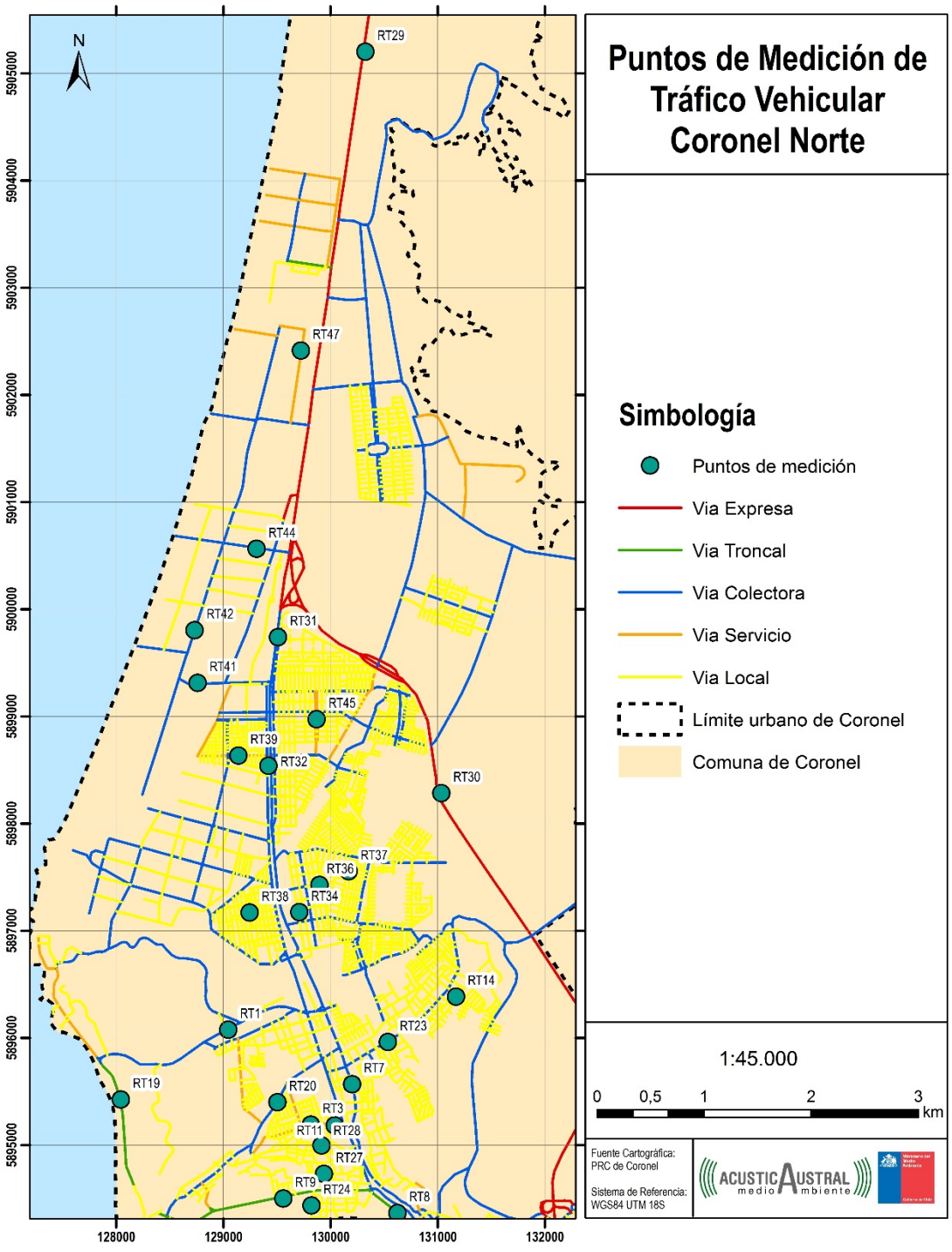


Figura 16: Distribución de puntos de medición acústica de tráfico vehicular, zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

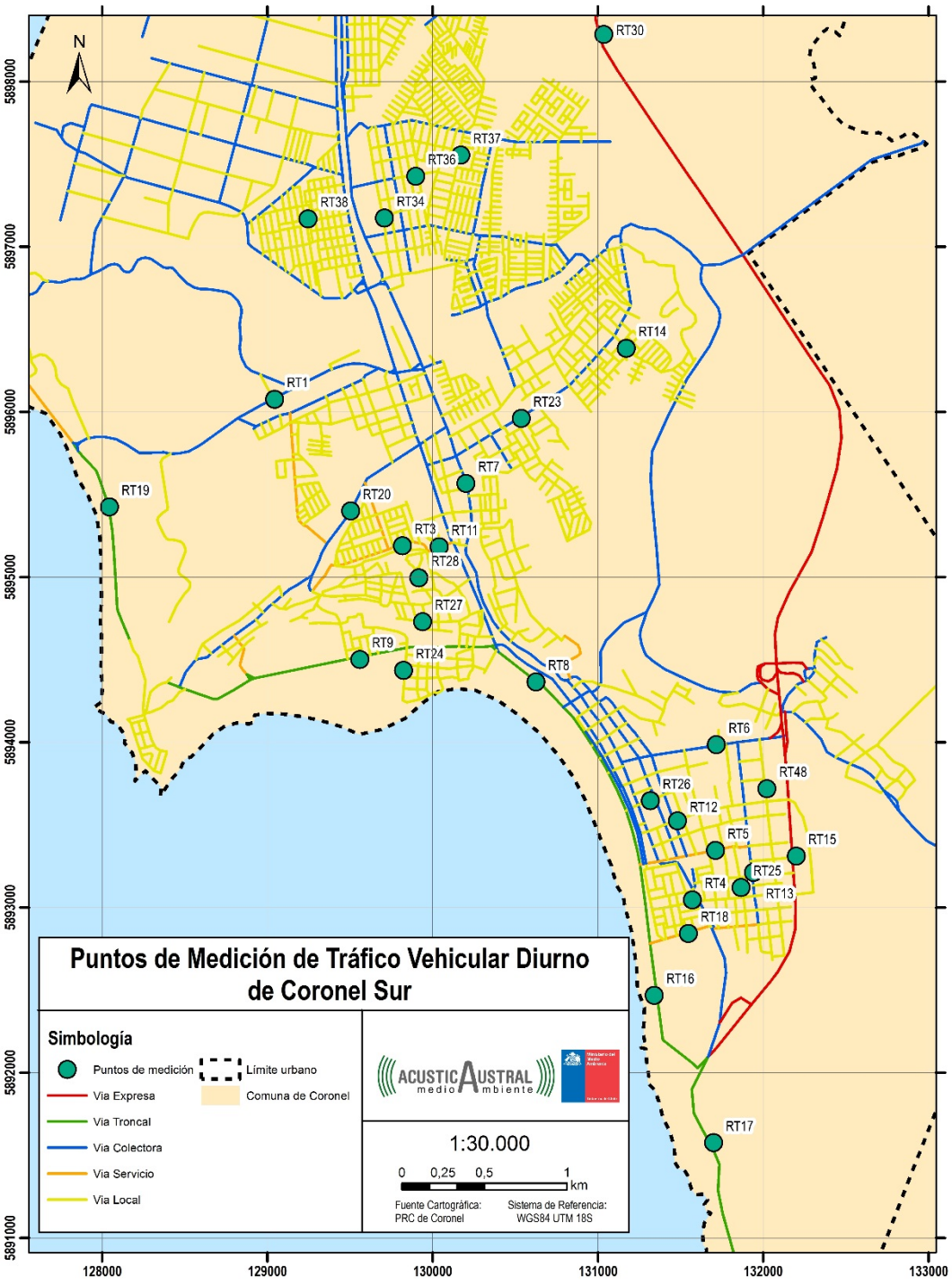


Figura 17: Distribución de puntos de medición acústica de tráfico vehicular, zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.3. Tránsito ferroviario

Según el análisis y la recopilación de antecedentes, los trenes que circulan por el área de estudio de la comuna corresponden al tren de carga y Biotren, ambos operados por la empresa FESUR-Grupo EFE. Por lo tanto, se realizaron mediciones en cercanías de la línea férrea, a una distancia referencial entre 7 a 13 metros del paso de ambos tipos de tren y a una altura de 1,5 metros, logrando obtener un nivel de ruido referencial de las categorías de trenes presentes en la comuna. Este último valor es utilizado para comparar los niveles medidos y modelados. El proceso de comparación toma como referencia información extraída a partir de documento técnico del fabricante del software (Technical Note TN0305e) [Datakustic 2009]. Cabe destacar que el documento técnico TN0305e utilizado indica mediciones a una distancia de 25 metros de la vía, lo cual para este caso particular, no fue posible, debido principalmente a la influencia de fuentes de ruido distintas de la que se necesitaba levantar.

Cabe precisar que las mediciones fueron realizadas en la comuna de San Pedro de La Paz, debido a los trabajos de modernización de las vías férreas en la comuna de Coronel, utilizando el supuesto que los niveles de ruido serán los mismos una vez que comience a operar el Biotren en la zona o tramo de interés. Los trabajos que se realizan, se concentran en la vía férrea entre San Pedro de la Paz y Coronel, y consideran movimientos de tierras para la instalación de una plataforma sobre la que se construirá una segunda vía.

El proyecto Extensión del Biotren a Coronel actualmente se encuentra en etapa de ejecución y considera su entrada en operación a comienzos del 2016, posterior al término del estudio. Como se indicó anteriormente, el Biotren transita desde Concepción en dirección sur hasta la comuna de San Pedro de La Paz, específicamente hasta la estación Lomas Coloradas, pero que en 2016 transitará a lo largo de la comuna urbana de Coronel.



Figura 18: Fotografía medición trenes, comuna San Pedro de la Paz. Fuente: Elaboración propia.

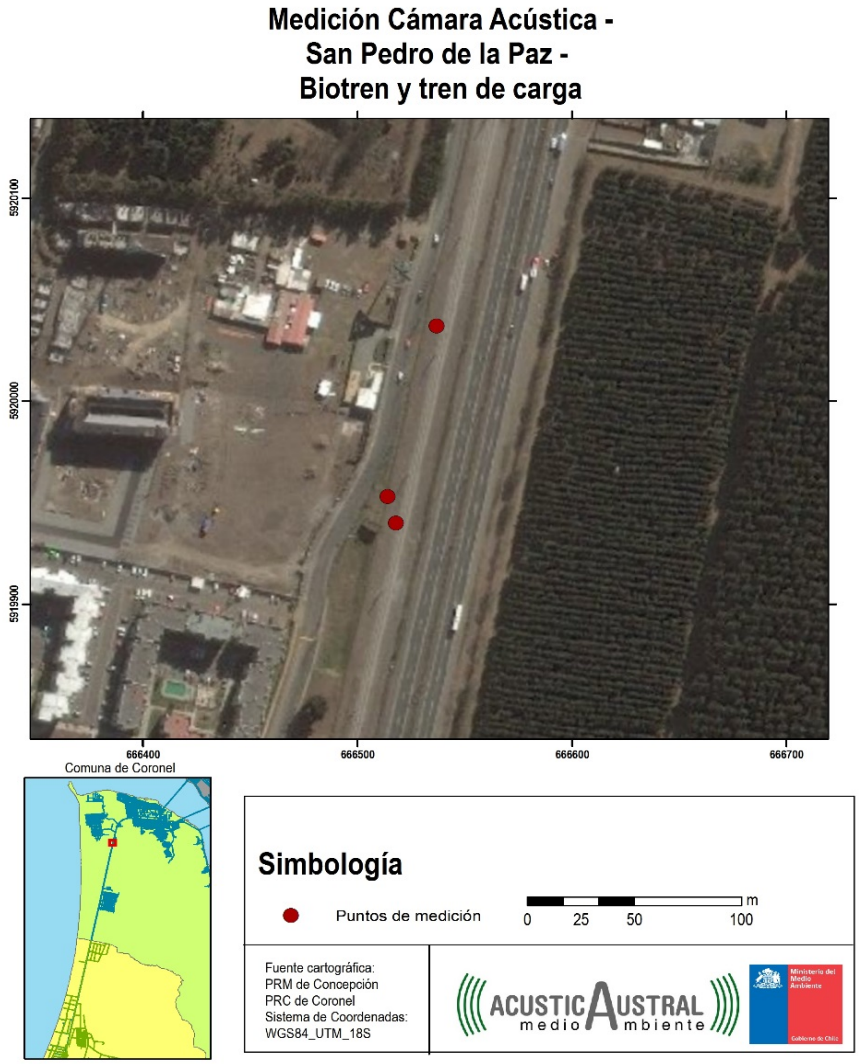


Figura 19: Distribución espacial de puntos de medición clases de trenes existentes, comuna San Pedro de La Paz. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.4. Aislamiento sonoro de fachada

Se realizaron mediciones de aislamiento sonoro de fachada en recintos sensibles al ruido, en este caso, establecimientos educacionales, con la finalidad de estimar sus condiciones acústicas de aislamiento en cuatro de ellos considerados representativos de la cuidad de Coronel.

Tabla 9: Caracterización de establecimientos educacionales medidos en Coronel.

Establecimiento	Id[7]	Dirección	Zona de Coronel
Escuela Rosa Yáñez Rodríguez	19	Pedro Aguirre Cerda 251, Coronel	Sur
Liceo Rosa Medel Aguilera	8	Pedro Aguirre Cerda Lo Rojas 700	Sur
Colegio Einstein	38	Avenida Cordillera 3631 Parque Industrial, Coronel	Norte
Liceo Técnico de la Madera	39	Av. Cordillera 3581, Parque Industrial, Coronel	Norte

Fuente: Elaboración propia.

En el exterior de las fachadas a medir, se instaló dos parlantes con amplificador incorporado marca FBT, modelo X-PRO 12A de 1000 watts de potencia, generando un nivel de presión sonora equivalente a 1 metro de la fachada entre los 75 dBA y 80 dBA. Los parlantes se dispusieron a una distancia de la fachada de 2 a 4 metros aproximados y a una inclinación de 45° con la finalidad de permitir una distribución uniforme y dispersa sobre la fachada de la sala a muestrear. La figura 20 muestra la configuración de parlantes exteriores utilizadas para excitar la fuente de sonido artificial. La figura 21 presenta el espectro de fuente de sonido artificial (fuente de ruido rosado) empleado en la medición de aislamiento de fachada y obtenido a 1 metro de la fachada del edificio.



Figura 20: Configuración de parlantes durante el test de aislamiento de fachada con fuente de sonido artificial. Fuente: Elaboración propia.

[7] Código identificador de acuerdo a tabla 18 donde se caracteriza mediante coordenadas UTM a los establecimientos educacionales dentro de la comuna. En las figuras 33 y 34 se observa el emplazamiento de los establecimientos educacionales presentes dentro de la comuna.

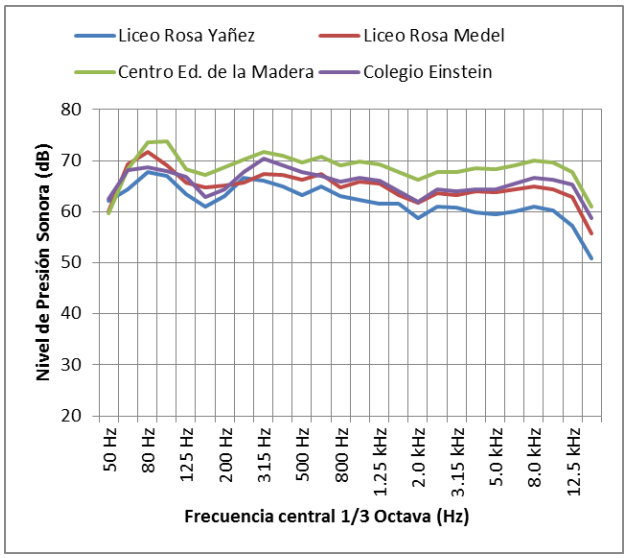


Figura 21: Espectro de fuente sonora artificial. Fuente: Elaboración propia.

Con el micrófono de medición se obtuvo un nivel de presión sonora equivalente NPSeq al exterior e interior de las salas de clase. Este nivel corresponde al promedio espacial a lo largo y ancho de la partición bajo evaluación. Para la medición se utilizó un sonómetro integrador marca Norsonic, modelo Nor140, Clase 1 y con micrófono de ½ pulgada. El instrumental cumple con los requerimientos de la Norma IEC para sonómetros.

Los resultados del aislamiento en las fachadas se presentan en términos del índice de reducción aparente Rw_{45^o}, calculado de acuerdo a la metodología de la Norma ISO 140-5 [ISO 1998]. Dentro de lo posible, se intentó medir el aislamiento sonoro para la condición de ventana cerrada y ventana abierta, sin embargo sólo se pudo obtener ambas condiciones en dos establecimientos educacionales.

Adicionalmente, se midió el nivel de ruido ambiental existente en el exterior e interior de las salas de clases y el tiempo de reverberación (RT60) al interior de la sala. Tanto el ruido ambiental como el tiempo de reverberación se utilizaron para corregir el índice de aislamiento aparente de acuerdo a la metodología de la Norma ISO 140-5 [ISO 1998].

2.4 Elaboración Mapas de Ruido

Los mapas de ruido constituyen importantes herramientas de información ambiental y poseen, en sí mismos, un alto valor como instrumento de datos ambientales [Parlamento Europeo 2002]. A partir de lo anterior, es necesario avanzar en la interpretación de esta información y su posible utilización en la gestión ambiental. Se requiere implementar con ellos medidas de control de ruido a nivel local, regional y nacional [MMA 2015].

El MMA ha desarrollado una línea de trabajo que apunta a obtener mapas de ruido de las capitales regionales mediante software de modelamiento, considerando al tráfico vehicular como su principal fuente de ruido. Hasta ahora, se han desarrollado trabajos con modelos de ruido de tráfico vehicular en Antofagasta y Providencia [CONAMA 2009], Santiago [CONAMA 2010], en el Gran Santiago (Capital de Chile) [MMA 2011], Temuco, Padre Las Casas, Coquimbo, La Serena y Valdivia [MMA 2015] y Osorno [Álvarez et al 2015]. Las ciudades estudiadas difieren entre sí, en su ubicación geográfica, cantidad de habitantes, entre otras.

A continuación se proceden a entregar los antecedentes del software utilizado para elaboración de los diferentes mapas de ruido, producto de la actividad industrial (fuente fija) como del tráfico vehicular y ferroviario (fuentes móviles). Además de entregar los métodos de predicción de ruido utilizados para generar cada mapa, junto a su metodología respectiva, señalando sus variables de entrada necesarias para el modelamiento acústico.

2.4.1 Software utilizado

En el mercado actual existen variados programas computacionales para elaborar mapas de ruido de extensiones urbanas. En términos generales, los programas de cálculo implementan algoritmos para estimar los niveles sonoros en un área de cálculo determinada por el usuario, siguiendo los modelos de cálculo o estándares seleccionados, los cuales son Normas para predecir diferentes tipos de fuentes emisoras de ruido presentes en cada situación.

En el caso de Chile, no existen métodos oficiales para predecir los niveles de ruido generados por diferentes tipos de fuentes presentes en la comuna de Coronel. Por lo tanto, se emplean métodos que se recomiendan internacionalmente o que han validado los expertos del equipo consultor.

Además, y considerando el elevado número de variables involucradas en la modelación (radio de búsqueda, orden y número de reflexiones, etc.) y su influencia en función de la configuración urbana, hacen que el conocimiento de los principios físico-acústicos sean prioritarios a la hora de seleccionar el valor de tales variables, para así representar una situación lo más exacta posible.

En el presente estudio se ha utilizado el programa comercial CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) Noise Mapping de la empresa Datakustik con la licencia que posee el MMA. CadnaA es un software para el cálculo y presentación, gestión y predicción de la exposición al ruido estudiando la inmisión de ruido de ciudades enteras y zonas urbanizadas

El software incorpora todas las variables físicas de geomorfología y las características de emisión sonora de las fuentes de ruido, permitiendo estimar la radiación y propagación sonora en el exterior. Además, se ha realizado un análisis de los modelos de predicción de ruido de tráfico vehicular para validar la Norma utilizada en la predicción de esta fuente emisora.

Por otro lado, para las fuentes emisoras de ruido industriales, el software utiliza el método de predicción de propagación sonora: ISO 9613:1996 Acústica – Atenuación del sonido durante la propagación en espacios exteriores [ISO 1996], siendo coherente a lo indicado en el D.S. N° 38/2011 del MMA.

La tabla 10 muestra los parámetros de entrada necesarios para alimentar el software, así como también los resultados que éste entrega y su descripción.

Tabla 10: Resumen de parámetros de entrada y salida en el proceso de cálculo del modelo en CadnaA.

ÍTEM	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
ENTRADA	Nivel de Presión Sonora (Lp) global y espectral para fuentes emplazadas en un lugar fijo.	Obtenido en base a las mediciones de ruido realizadas, base de datos, etc.
	Condiciones meteorológicas	Temperatura ambiente: 10° C Humedad relativa del aire: 70%.
	Flujo vehicular desagregado (Livianos y Pesados)	Según datos obtenidos durante la campaña de conteos de flujo vehiculares.
	Flujo de trenes (Carga y pasajeros)	Según datos entregados por el MMA.
	Ubicación receptores	Según levantamiento y coordenadas de Google Earth
	Obstáculos (edificaciones y pantallas)	Edificaciones externas: Según información entregada por el MMA (Shape). Pantallas: según levantamiento
	Nivel Topográfico	Según información entregada por el MMA (Shape).
	Modelo de propagación Coeficientes de absorción	Exterior: Según STL-86 e ISO 9613 Según Librería CadnaA.
SALIDA	Niveles de Presión Sonora (Ld y Ln)	Mediante mapas de ruido horizontales calculados a 1.5 m

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Clasificación Vial

Dado que, generalmente, el ruido en una ciudad, está determinado por el tráfico vehicular por las calles de la misma (70% del ruido total), la clasificación vial es de extrema importancia, sobre todo para la elaboración del mapa de ruido producto de esta fuente de ruido (fuente móvil) en la comuna.

Así, se procedió a estudiar la clasificación vial correspondiente a la establecida en el Plan Regulador de la ciudad de Coronel contenida en su respectiva Ordenanza. Cabe señalar que una Ordenanza clasifica las vías, según las Recomendaciones para el Diseño de Infraestructura Vial urbana (REDEVU) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), contemplando las categorías Expresa, Troncal, Colectora, Servicio y Local. Aquellas no clasificadas por la Ordenanza y pertenecientes a la comuna se consideran calles con categoría Local para efectos del proyecto. El detalle de la clasificación vial se encuentra en el Anexo 1, donde además se calculó el número y la cantidad de kilómetros (extensión) de cada tipo de vía presentes en la zona urbana de la ciudad para la posterior distribución de puntos de mediciones acústicas y de flujos vehiculares.

A continuación, en la tabla 11, se presenta un resumen de la cantidad de vías por categoría y su extensión en kilómetros. Además, en la figura 6 se representa la clasificación vial estudiada en la comuna.

Tabla 11: Tabla resumen clasificación vial de Coronel.

N°	Categoría	N° de vías	Extensión (km)
1	Expresa	4	24,39
2	Troncal	6	10,25
3	Colectora	67	105,77
4	Servicio	27	17,98
5	Local	1051	227,69
TOTAL		1160	386,07

Fuente: Elaboración Propia.

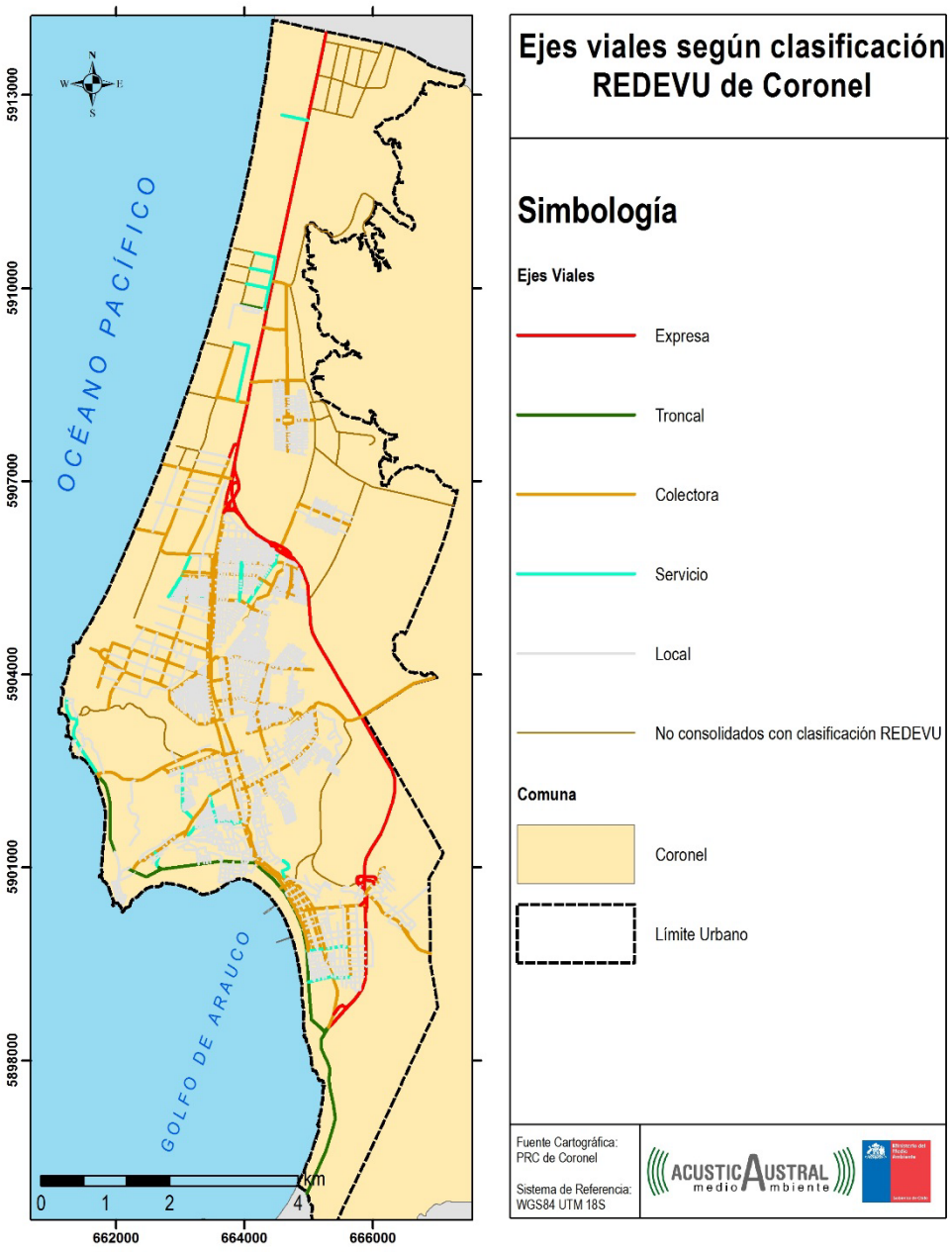


Figura 22: Clasificación vial para la ciudad de Coronel (según REDEVU). Fuente: PRC Coronel, Elaboración propia.

2.4.3 Definición de horarios periodo diurno y nocturno

En los estudios previos de mapas de ruido realizados para el MMA, se ha definido el horario diurno desde las 07:00 hrs. a las 23:00 hrs. (Fase II [CONAMA 2010] y Fase III [MMA 2010]), y el horario nocturno desde las 23:00 hrs. a las 07:00 hrs. En el caso particular del presente estudio, dado que las fuentes principales a estudiar son fuentes reguladas por el D.S. N° 38/2011 del MMA, es necesario considerar una definición de horario acorde a la legislación aplicable. Por lo anterior, los horarios utilizados en este estudio son los siguientes: horario diurno de 07:00 hrs. a 21:00 hrs. y horario nocturno de 21:00 hrs. a 7:00 hrs.

2.4.4 Mapa de ruido actividad industrial

Para generar un mapa de ruido industrial se deben establecer los correspondientes modelos y/o metodologías de estimación de potencia para las fuentes emisoras (actividad industrial, esparcimiento, etc.) que se utilizarán, así como las variables de entrada para el software de modelamiento acústico.

2.4.2.1. Modelo de ruido actividad industrial

El modelamiento del ruido producto de la actividad industrial se desarrolló utilizando fuentes puntuales, lineales y superficiales, incorporando los valores de potencia acústica establecidos a partir de las mediciones en terreno. El modelo de propagación aplicado en el software de modelamiento correspondió a la Norma ISO 9613 [ISO 1996], en concordancia a lo indicado en el artículo 19, literal g) del D.S. N° 38/2011 del MMA como válido para realizar las predicciones de los niveles de ruido de fuentes emplazadas en un lugar fijo.

2.4.2.2. Variables de entrada

Un aspecto fundamental para la aplicación de estos modelos es la determinación de la potencia acústica asociada a las fuentes de ruido, como una de las más importantes variables de entrada. Dada las dimensiones del problema y el número y complejidad de fuentes involucradas, se utilizaron, fundamentalmente, dos procedimientos para establecer la potencia acústica asignada a las fuentes de ruido consideradas en el modelamiento acústico. Un procedimiento consistió en la utilización de mediciones con cámara acústica en torno a una determinada planta industrial o grupo de fuentes, lo cual permitió establecer los valores de potencia asociados a cada fuente directamente desde las imágenes de distribución sonora generadas por el correspondiente software asociado a la cámara GFai. El otro procedimiento aplicado consistió en ajuste y calibración de potencias a partir de los niveles de ruido medidos mediante sonómetro en torno a las fuentes involucradas.

Además, de la determinación de variables de entrada a partir de las campañas de mediciones, se consideraron también diversas fuentes de información relevante como bases de datos de Normas de referencia, caso de la BS 5228-1 “Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites-Part 1:Noise” [BS 2009] (para asignar valores de potencia a una determinada fuente de ruido) e información contenida en los informes de impacto acústico asociados a los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) con RCA, de los cuales no se pudo obtener datos mediante mediciones o Normas de referencias (bases de datos).

2.4.5 Mapa de ruido tránsito vehicular

Para la elaboración del mapa de ruido producto del tráfico vehicular por las vías presentes en Coronel se siguió la metodología de estudios anteriores realizados por el MMA [MMA 2011] [MMA 2015], vale decir se utilizó la clasificación vial REDEVU presente en la comuna, sub clasificándolas con o sin locomoción colectiva mayor (Buses urbano) con el propósito de distribuir puntos de medición acústica y de flujos vehiculares en número suficiente para caracterizar cada categoría de vía mediante un valor representativo de su flujo vehicular, tanto para vehículos livianos (automóviles particulares, taxi-colectivos, taxi, furgones, camionetas, etc.) como pesados (buses urbanos, buses interurbanos, camiones de 2 ejes, camiones de más de 2 ejes).

2.4.5.1. Modelo de ruido tránsito vehicular

En estudios anteriores [Álvarez, et. al 2008], [Álvarez 2010], [Álvarez, et. al 2014], donde se ha analizado el comportamiento de diferentes modelos de predicción del ruido de tráfico vehicular (STL-86, RLS-90, CoRTN y Nórdico), ha sido posible establecer que los modelos se ajustan bien, sin embargo, los modelos RLS-90 y CoRTN son los únicos que tienden a sobreestimar (sobre el 75%) los niveles medidos, lo cual podría resultar beneficioso a la hora de utilizar alguno de estos modelos para predecir el nivel de ruido que se genera producto del tráfico de vehículos por una vía. Considerando lo expuesto, se realiza un análisis similar al

mencionado [Álvarez, et. al 2014] para el caso particular de la comuna de Coronel, lo cual permitió fundamentar técnicamente la elección del modelo de predicción utilizado en la generación de los correspondientes mapas de ruido.

2.4.5.2. Variables de entrada

El mapa de ruido es generado con el análisis de los datos de la campaña de mediciones de terreno (flujos vehiculares), según el tipo de vía y su subclasificación con o sin locomoción colectiva mayor (Buses urbano). En el caso del periodo nocturno se tiene una menor cantidad de tipos de vías, ya que normalmente no hay locomoción colectiva mayor que genere la subcategoría. Por lo tanto, las variables de entrada son flujos vehiculares desagregados por hora, por tipo de vía y periodo, velocidad máxima de circulación, tipo de carpeta de rodado.

En las situaciones en que se presentan valores extremos y una alta variabilidad, se ha utilizado principalmente la media recortada del flujo vehicular por periodo, por ser éste un estadístico resistente que no se ve influenciado (o solo ligeramente) por pequeños cambios en los datos.

2.4.5.3. Conteo de flujo vehicular

Un aspecto fundamental para la posterior elaboración de los mapas de ruido es el conteo de flujo vehicular que permite caracterizar los diferentes tipos de vía presentes en la comuna. La determinación de los flujos se realizó mediante conteos de 15 minutos considerando un mínimo de cien (100) puntos de conteo diurno y nocturno (a estos se agregan los datos de flujo obtenidos en los 50 puntos de las mediciones acústicas). El criterio para la distribución de puntos de conteos de flujo se detalla a continuación.
Respecto a la distribución de los puntos de conteo y para las mediciones acústicas para ruido de tráfico fueron distribuidos según el procedimiento utilizado en estudios anteriores considerando la longitud total del tipo de vía y ordenadas de mayor (categoría Expresa) a menor (categoría Local) flujo esperado. La ecuación asociada es la siguiente [MMA 2013]:

$$P_v = \frac{2n}{m(m+1)} i_v \left[\left(\frac{l_v}{l_T} - \frac{1}{m} \right) + 1 \right]$$

Con:

P_v : Número de puntos a medir en tipo de vía v

n : Número total de puntos de conteo y/o medición

i_v : Índice asociado al tipo de vía según orden de mayor a menor flujo esperado.

m : Número de tipos de vías

l_v : Longitud total de vías tipo v

l_T : Longitud total de todas las vías

La aplicación del criterio a la distribución de calles obtenida para Coronel arroja los siguientes resultados.

Tabla 12: Distribución de conteos vehiculares, según clasificación vial de Coronel.

Tipo de vía REDEVU	Número de calles	Extensión (km)	Número de puntos
Expresa	4	24,39	5
Troncal	6	10,25	11
Colectora	67	105,77	21
Servicio	27	17,98	22
Local	1051	227,69	46
TOTAL	1160	386,08	105

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 23 y 24 se muestra la distribución de puntos de conteos de flujo vehicular para la comuna de Coronel separados por sector (norte y sur). Además en el Anexo 9 se caracterizan los puntos indicados en las figuras precedentes, y se detallan los indicadores obtenidos en terreno para los tipos de vías presentes en la comuna.

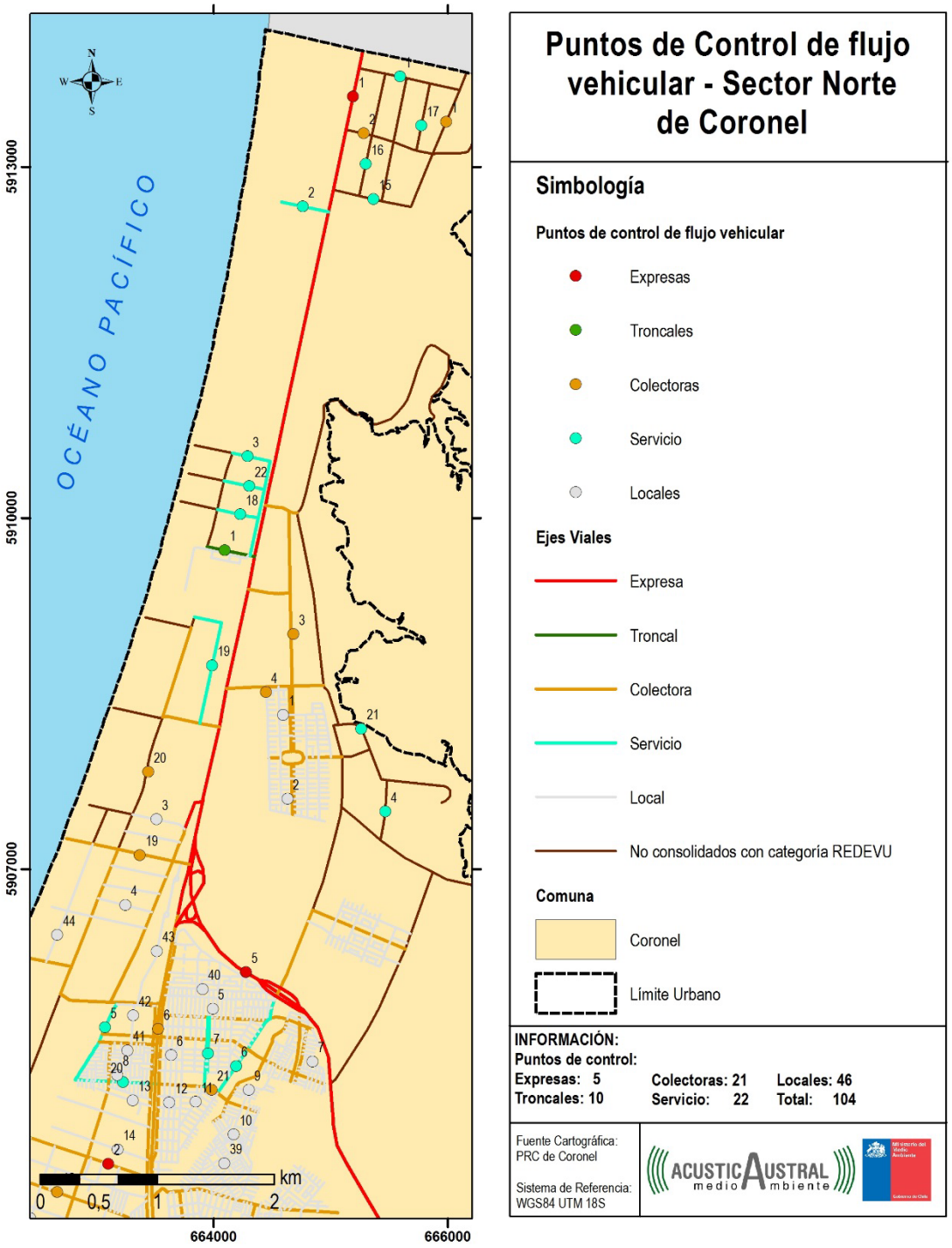


Figura 23: Distribución de puntos de conteos vehiculares, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia.

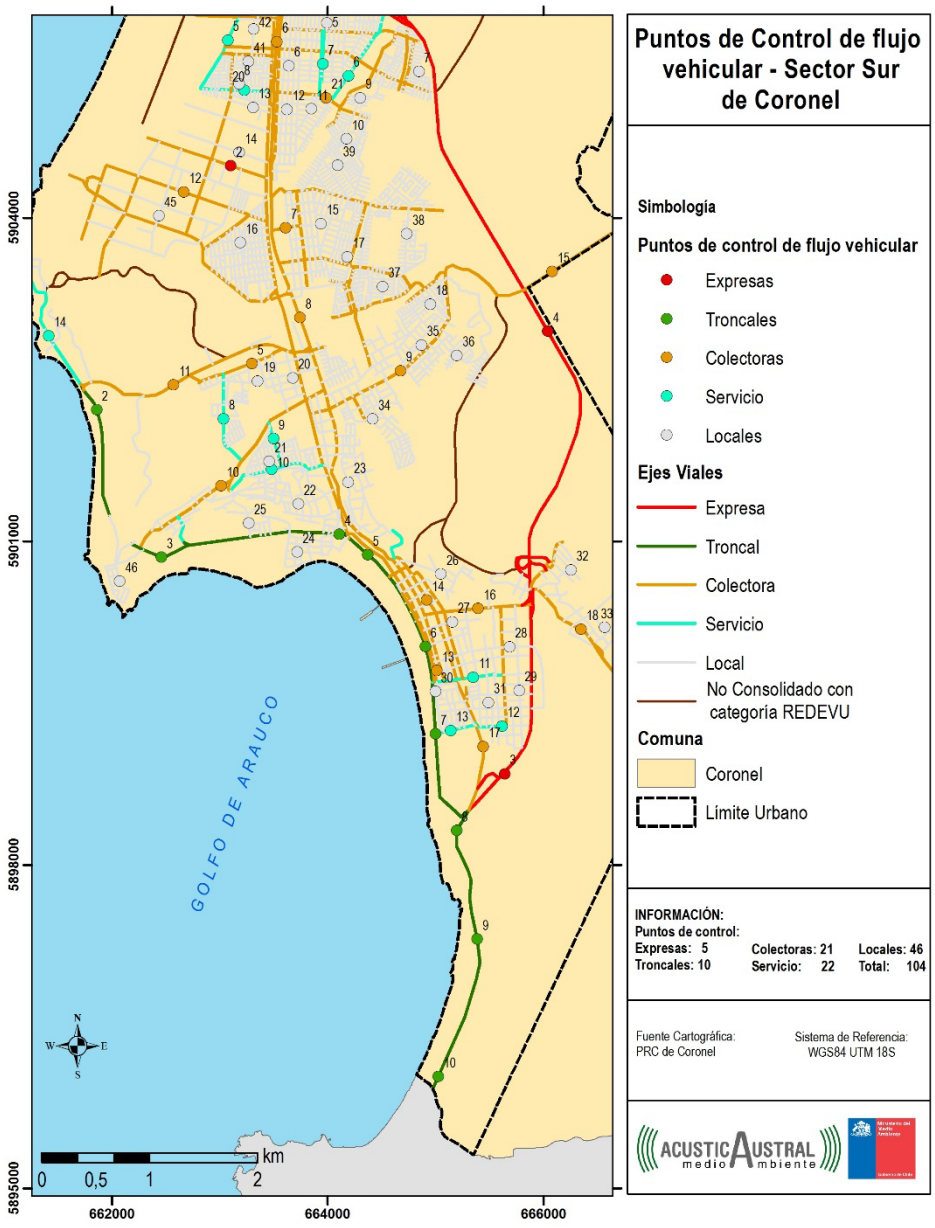


Figura 24: Distribución de puntos de conteos vehiculares, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia.

2.4.6 Mapa de ruido tránsito Industrial

Para la elaboración del mapa de ruido producto de tráfico industrial, se consideró una metodología similar a la señalada en la sección 2.4.5 referida al tráfico vehicular, pero con algunos matices relacionados con la exclusión de los datos de entrada levantados en terreno (conteos de flujos vehiculares) referidos a todos los vehículos livianos y buses urbanos e interurbanos.

2.4.6.1. Modelo de ruido tránsito vehicular

Se utilizará el mismo modelo de predicción utilizado para elaborar el mapa de ruido producto del tráfico vehicular, según se indica en la sección 2.4.5.1.

2.4.6.2. Variables de entrada

El mapa de ruido es generado con el análisis de los datos de la campaña de mediciones de terreno (conteos de flujos vehiculares), según el tipo de vía, excluyendo los vehículos livianos en su totalidad, como lo son automóviles particulares, camionetas, taxi-colectivos, etc. y los buses urbanos e interurbanos. En este sentido, para la generación del mapa solo se consideran los datos de camiones de 2 o más ejes que transitan por las vías de la comuna urbana de Coronel por hora, por tipo de vía y periodo, velocidad máxima de circulación y tipo de carpeta de rodado.

Para la generación de mapas de ruido de tráfico industrial se ha considerado el flujo de vehículos pesados, no incluyendo el transporte público mayor (micro-buses). En este caso, para todas aquellas vías en las que se cuenta con conteos vehiculares, se ha utilizado el dato de flujo obtenido de la campaña de conteos de flujo vehicular. En los casos en que se contó con más de un conteo para una misma vía se ha considerado el valor promedio. Para todas las vías en las cuales no se cuenta con conteos vehiculares, se ha asignado el valor promedio de vehículos pesados obtenido para la correspondiente categoría.

2.4.7 Mapa de ruido tránsito ferroviario

El ruido de ferrocarriles corresponde a una fuente de ruido por sí misma, y distinta al ruido de vehículos (autos, camiones, etc.). Posee otras variables de entrada además que el flujo. Se incluyó esta fuente sonora en la modelación de ruido ambiental, y ha dependido de los datos disponibles durante la ejecución del estudio, que corresponde al Tren de carga y al Biotren.

2.4.7.1. Modelo de ruido tránsito ferroviario

Se utilizó el modelo alemán Schall 03 [Schall 1990], ya que los modelos de ferrocarriles integrados en el software (CadnaA) trabajan con base de datos (clases), los cuales tienen asociados distintos niveles de ruido, y además ya fue utilizado en los estudios anteriores del MMA sobre mapas de ruido [MMA 2011], [MMA 2013].

2.4.7.2. Variables de entrada

El valor de emisión utilizado para los diferentes tipos de trenes que transitan o transitarán por la comuna de Coronel se obtiene de la comparación de los niveles medidos y modelados realizada. El proceso de comparación toma como referencia información extraída a partir del documento técnico del fabricante del software (Technical Note TN0305e) [Datakustic 2009].

Para efectos de comparar la medición y la modelación, se registró el tiempo de duración de la medición de ruido a raíz del paso del tren. Con este dato es posible establecer un número ficticio de trenes que circularían de manera continua con tal de mantener el nivel de ruido constante, con el fin de comparar el valor registrado en el lugar y el nivel modelado bajo esta condición. El número N de trenes por día que es ingresado al software corresponde a la siguiente expresión:

$$N = (16 \times 3600)/T$$

Donde T son los segundos correspondientes al tiempo de duración del registro sonoro del tren. A partir de las diferencias entre niveles medidos y modelados se determina la corrección (Dfz) para esta nueva categoría de tren ajustado. Dfz corresponde a la diferencia entre el Lcalc – Lmedido.

2.4.7.3. Conteo flujo de trenes (carga y pasajeros)

Al igual que para el tráfico vehicular, el software se debe alimentar de datos no acústicos. Para este caso particular, la información de los flujos fue proporcionada por la empresa FESUR-Grupo EFE para los trenes de carga. Tomando además en consideración que el programa diario de viajes tiene un porcentaje promedio de cumplimiento en torno al 70%, se decide simular una peor condición de funcionamiento, lo cual corresponde considerar el cumplimiento del 100% de los viajes.
Por otro lado, la información respecto de la frecuencia de horarios para el tren de pasajeros (Biotren) se obtiene a través de su página web[8]. Con respecto al largo de los trenes, se utilizó el largo observado en terreno, el cual fue contrastado con la información entregada por la empresa.
Se consideró la velocidad máxima permitida (40 Km/h-Biotren y 20 Km/h-Tren Carga).
A continuación, se muestra el mapa de conexión modal actualizado, destacando la presencia de 7 estaciones dentro de la comuna de Coronel, las cuales se indican a continuación en orden descendente de Norte a Sur; Conavicoop, Escuadrón, Los Canelos, Los Molles, Los Chiflones, Yobilo e Intermodal Coronel.

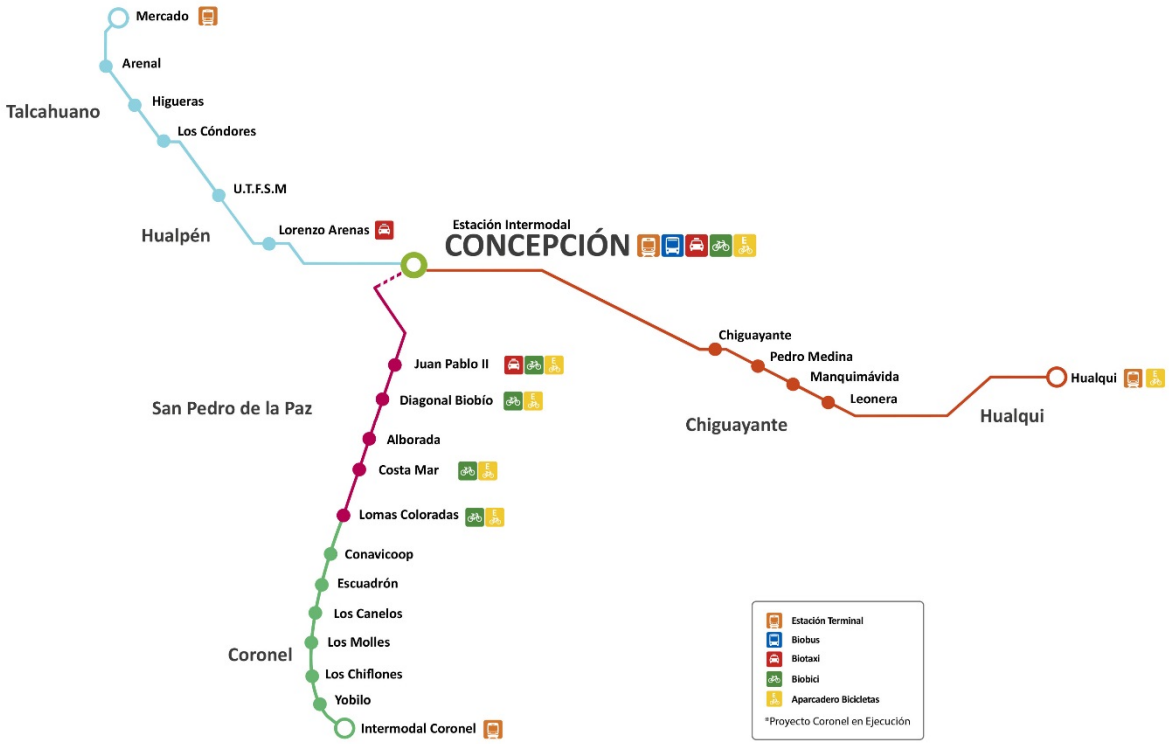


Figura 25: Mapa conexión modal Biotren. Fuente[8]: Ferrocarriles del Sur

[8] Disponible en http://www.ferrocarrilesdelsur.cl/es/

Tabla 13: Resumen frecuencia de viajes por periodo horario y tipo de Tren.

Tipo de Tren	Periodo Horario	Desde (Estación)	Hasta (Estación)	Frecuencia
Biotren	Día	Lomas Coloradas	Intermodal Coronel	21
Biotren	Día	Intermodal Coronel	Lomas Coloradas	21
Biotren	Noche	Lomas Coloradas	Intermodal Coronel	2
Biotren	Noche	Intermodal Coronel	Lomas Coloradas	1
Carga	Día	Concepción	Coronel	6
Carga	Día	Coronel	Concepción	4
Carga	Día	Horcones	Coronel	2
Carga	Día	Coronel	Horcones	1
Carga	Noche	Concepción	Coronel	4
Carga	Noche	Coronel	Concepción	6
Carga	Noche	Horcones	Coronel	0
Carga	Noche	Coronel	Horcones	1

Fuente: Elaboración Propia en base a información disponible en http://www.ferrocarrilesdelsur.cl/es/

2.4.8 Mapa de ruido global

Para la elaboración del mapa de ruido global, se sigue la metodología anteriormente mencionada para la actividad industrial (fuente fija), tráfico vehicular y ferroviario (fuentes móviles), ingresando al software de modelamiento los mismos parámetros señalados para cada una de ellas, vale decir niveles de potencia acústica para la industria y flujos vehiculares y ferroviarios para las fuentes móviles, diferenciados ambos por periodo horario donde se generen. El mapa de ruido global es la contribución energética de la actividad industrial y el tráfico rodado (vehicular y trenes) en cada periodo horario (diurno y nocturno).

2.5 Evaluación de los Resultados

En esta sección se explica la metodología empleada para la evaluación de los resultados, tanto del ruido generado por la actividad industrial como por el tráfico vehicular y ferroviario.

El D.S. N°38/2011 del MMA – Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica, tiene por objetivo proteger la salud de la comunidad mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión generados por las fuentes emisoras de ruido que esta norma regula. Específicamente la emisión de ruido generado por actividades que están o podrían a futuro estar emplazadas en un lugar fijo, por ejemplo: talleres, discotecas, terminales de buses, actividades de construcción, actividades productivas, actividades comerciales, etc.

Esta norma no es aplicable al ruido generado por: la circulación a través de las redes de infraestructura de transporte, como por ejemplo, el tráfico vehicular, ferroviario y marítimo; el tráfico aéreo, la actividad propia del uso de viviendas y edificaciones habitacionales, tales como voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares realizadas en este tipo de viviendas; el uso del espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares; sistemas de alarma y de emergencia; voladuras y/o tronaduras [D.S. N° 38/2011 del MMA].

Esta normativa establece límites a cumplir, de acuerdo al periodo horario y uso de suelo del área de emplazamiento del receptor del proyecto o actividad, el cual es asignado mediante el respectivo Instrumento de Planificación Territorial.

Tabla 14. Niveles Máximos Permisibles de Presión sonora Corregidos (NPC) en dB(A).

Zona	De 7 a 21 horas	De 21 a 7 horas
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Fuente: D.S. N° 38/2011 del MMA.

La evaluación de las fuentes emisoras de ruido que se emplazan en un lugar fijo, se puede realizar a través de dos métodos, mediciones y modelaciones. Este último método (modelaciones o predicciones) se realiza cuando el ruido de fondo[9] influye en las mediciones que se realizan a la fuente emisora que se desea evaluar o cuando la actividad o proyecto no se encuentra construido. Se podrán realizar predicciones de los niveles de ruido mediante el procedimiento técnico descrito en la Norma técnica ISO 9613 "Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores", con los alcances y consideraciones que dicha Norma técnica especifica (Artículo 19, literal g). La evaluación se realiza en el o los receptores vulnerables a la actividad mediante un descriptor llamado nivel de presión sonora corregido (NPC). Este descriptor es aquel nivel de presión sonora continuo equivalente (NPSeq ó Leq) con ponderación A, que resulta de aplicar el procedimiento de medición y las correcciones establecidas en la Norma.

Para zonas rurales se aplicará como nivel máximo permisible de presión sonora corregido (NPC), el menor valor entre:

a) Nivel de ruido de fondo + 10 dB(A)

b) NPC para zona III de la tabla 14.

Este criterio se aplicará tanto para el período diurno como nocturno, de forma separada.

Nota: la evaluación de las emisiones de ruido de fuentes fijas, se entiende como un ejercicio de evaluación o presunción de cumplimiento/incumplimiento y en ningún caso se configura como una instancia de fiscalización, asunto que es materia de los organismos competentes, en este caso la Superintendencia del Medio Ambiente

Cabe recordar que el D.S. N° 38/2011 del MMA, regula solo a las fuentes emplazadas en un lugar (fuente fija) y su evaluación se realiza en el lugar donde se encuentre el receptor mediante un descriptor llamado nivel de presión sonora corregido (NPC). Esta normativa establece límites a cumplir, de acuerdo al periodo horario y uso de suelo del área de emplazamiento del receptor, el cual es homologado mediante el respectivo IPT, y no regula al ruido generado por la circulación a través de las redes de infraestructura de transporte, como el tráfico vehicular y ferroviario.

[9] Ruido de fondo: es aquel ruido que está presente en el mismo lugar y momento de medición de la fuente que se desea evaluar, en ausencia de ésta. Éste corresponderá al valor obtenido bajo el procedimiento establecido en el D.S. N° 38/2011 del MMA.

En el país no existe Norma que regule las emisiones generadas por fuentes móviles (tráfico vehicular y ferroviario) en el lugar donde se encuentre el receptor, por lo tanto se ha utilizado comúnmente el Reglamento de la Confederación Suiza, OPB 841.41 para ello, el cual reglamenta las inmisiones de ruido exterior y su evaluación a partir de valores límites de exposición definidos según grados de sensibilidad de cada zona.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, ambas normativas trabajan con zonas, las cuales deben ser homologadas de acuerdo a los usos de suelo definidos por el respectivo IPT. En ese sentido, y como primer paso, se entrega un análisis acabado de los distintos IPT en función de la variable acústica. Luego se entrega los criterios utilizados para realizar las homologaciones entre las distintas zonas que definen ambas normas y los usos de suelo del PRC de Coronel. Lo anterior permite realizar análisis de superficie expuesta a diferentes intervalos de ruido y población potencialmente expuesta.

Además se presenta la metodología utilizada para evaluar recintos sensibles al ruido, como por ejemplo establecimientos educacionales y de salud, según criterio OCDE.

2.5.1 Análisis de los IPT vigentes en Coronel en función de la variable acústica

Los IPT son la principal herramienta que posee el ordenamiento territorial para promover un crecimiento sustentable al largo plazo de todo asentamiento humano. A través de éste, se controlan las variables más importantes concernientes al territorio, como por ejemplo el uso de suelo, como también, direcciona y refleja una imagen o meta de una comunidad completa. Debido a esto, es importante entonces estudiar la relevancia que los IPTs tienen en materia de control sobre los niveles de ruido a los cuales se expone la población.

Para realizar este diagnóstico, fue necesaria la información del Plano Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC) y el Plano Regulador Comunal (PRC) de Coronel con sus respectivas Ordenanzas. La información de estos IPTs se encuentra disponible en la web de Observatorio Urbano[10] como también en Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)[11] de forma referencial y en el sitio web de la Ilustre Municipalidad de Coronel[12].

Tras una revisión de las Ordenanzas mencionadas, se chequeó la compatibilidad de usos de suelo entre los distintos IPTs, a través de la planificación territorial reflejada en sus planos y cartografías adjuntas. Luego se procedió a analizar en función de la variable acústica según lo dictado en el D.S. N° 38/2011 del MMA considerando lo entendido como Zona I, II, III y IV (ver tabla 15). Con la información de estos IPTs se realizó un análisis de sus usos de suelo, los cuales se trabajaron en cuatro grandes grupos: Residencial, Equipamiento, Mixto e Industrial/infraestructura. Se prefirió usar esta clasificación con el fin de homologar lo mejor posible la terminología de usos de suelo entre los IPTs a analizar y el D.S. N° 38/2011 del MMA.

Por tanto, se entenderá por residencial toda aquella zonificación que implique un uso de suelo exclusivamente residencial y de áreas verdes. Se entenderá por zona de equipamiento aquellas zonas que contemplen todo tipo de equipamiento científico, comercial, culto y cultura, deporte, educación, esparcimiento, salud, seguridad, servicios, social y residencial (solo si se encuentra presente con alguno de los servicios de equipamiento mencionados antes). Se entenderá por zona mixta aquellas zonas que permitan usos de suelo residencial y de equipamiento, así como también de uso de infraestructura, sean éstas de transporte, sanitarias o energéticas. Y finalmente, se entenderá por zona industrial e infraestructura aquellas que permitan exclusivamente solo estos tipos de uso de suelo.

[10] Sitio web http://www.observatoriourbano.cl/index.asp

[11] Sitio web http://www.geoportal.cl/Visor/

[12] Sitio web http://www.coronel.cl/2011/12/nuevo-plan-regulador-de-coronel/

El resultado de este análisis se estructuró en dos:

- Plano temático de Coronel con nomenclatura zonal establecida en el D.S. N° 38/2011 del MMA.
- Análisis crítico del plano mediante la revisión de su planificación territorial en función de la variable acústica.

Tabla 15: Definición de zonas de acuerdo al D.S. N° 38/2011 del MMA.

Zonas	Descripción
Zona I	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite exclusivamente el uso de suelo residencial o bien este uso de suelo y algunos de los siguientes usos de suelo: Espacio público y/o Área verde.
Zona II	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la zona I, equipamiento de cualquier escala.
Zona III	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la zona II, actividades productivas y/o de infraestructura.
Zona IV	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite solo usos de suelo de actividades productivas y/o de infraestructura.

Fuente: D.S. N° 38/2011 del MMA.

Esto permitió realizar un diagnóstico de la variable ruido, comprobar que tan bien se encuentra diseñada la actual normativa IPT de Coronel en función de esta, comprobar de forma empírica sus potencialidades y sus debilidades, y construir una serie de medidas de mitigación con el fin de solucionar las problemáticas acústicas detectadas.

2.5.2 Evaluación de actividades industriales

En este caso, las actividades industriales son fuentes reguladas por la normativa nacional. Esta normativa establece límites a cumplir, de acuerdo al periodo horario y uso de suelo del área de emplazamiento del receptor, el cual es homologado mediante el respectivo IPT. A continuación se procede a entregar los procedimientos y criterios utilizados para realizar la homologación de zonas para la posterior evaluación de este tipo de fuentes presentes en Coronel.

2.5.2.1. Homologación del IPT a partir de D.S. N° 38/2011 del MMA

La figura 26 muestra el resultado de dicho proceso, en donde se puede apreciar la homologación del PRC de Coronel según la zonificación establecida por el D.S N° 38/2011 del MMA. Mientras que la figura 27 refleja la zonificación del mismo decreto a partir del PRM de Concepción. Ambos ejercicios de homologación fueron realizados por el equipo consultor.

La cartografía correspondiente a la homologación del Plano Regulador de Coronel visto a través del D.S. N° 38/2011 del MMA presenta altos porcentajes de superficie homologable a zona II. En la zona Norte, donde se alberga el amplio cordón industrial que cumple el rol productivo de la comuna, constituido por los Parques Industriales Escuadrón 1 y 2 y el Parque Industrial Coronel, áreas de extensa magnitud (700 hás) destinadas para la inversión productiva y la consolidación de la actividad de industrias en la Región del Biobío, según se indica en el Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) [PLADECO 2012], queda homologada a zona III por el D.S. N° 38/2011 del MMA, aun cuando prohíbe expresamente el uso habitacional, toda vez que las zonas que albergan a los parques permiten cierto tipo de equipamiento para su funcionamiento (zonas ZAP-1, ZAP-2). A juicio del equipo consultor, la definición establecida en el D.S. N° 38/2011 del MMA para zona IV es estricta, alejándose de la realidad de los IPT presentes en el país, toda vez que excluye de las zonas industriales, como el caso de los parques industriales, a los equipamientos básicos necesarios para el correcto

funcionamiento de estas zonas. La definición de "Equipamiento", según OGUC, señala lo siguiente: *construcciones destinadas a complementar las funciones básicas de habitar, producir y circular, cualquiera sea su clase o escala*. Sin embargo, dichas funciones pueden tener una muy variada sensibilidad al ruido, desde alta sensibilidad en equipamiento hospitalario o educacional a muy baja sensibilidad en gimnasios o estación de servicio de carga de combustible. En este caso, las zonas definidas dentro del radio urbano de Coronel por el PRC para zonas donde es permitida las Actividades Productivas incluyen un limitado tipo de equipamiento de baja sensibilidad al ruido y excluyen expresamente todo uso habitacional, equipamiento de salud, científico, educacional, culto y esparcimiento. Por lo tanto, se ratifica que la regla general es prohibir todo el equipamiento ajeno a la actividad productiva. En ese sentido, las zonas que albergan a los parques industriales (ZAP-1, ZAP-2) debiesen ser homologadas a zona IV, pese a que la definición actual para zona IV del D.S. N° 38/2011 del MMA imposibilita tal acción.

Para la zona Sur de Coronel, en los sectores de Puchoco (zonas ZRIH-3, ZAP-3, ZTTP) caleta Lo Rojas (zona ZAP-3), Bahía Coronel (zona ZAP-3, ZTTP) y Fundo El Manco (zonas ZAP-3, ZAP-5), donde existe alta presencia de actividades productivas y de infraestructura portuaria y energética, el D.S. N° 38/2011 tampoco permite homologar dichas áreas a zona IV, aun cuando las zonas que albergan se encuentran bien definidas entorno a la misma actividad productiva y/o de infraestructura. Sin embargo, existe en algunos casos zonas aledañas (zona II), por ejemplo para el sector de caleta Lo Rojas, con alta presencia de uso habitacional, lo cual viene a reafirmar y sumar una evidencia más sobre los problemas de contaminación con los cuales los habitantes de Coronel deben lidiar. Caso similar ocurre para el caso de bahía Coronel, donde parte de las zonas aledañas a la actividad portuaria son homologables a zona II, no existiendo zonas buffer o de amortiguamiento entre zonas incompatibles de sostenerse en el tiempo.

La cartografía correspondiente a la homologación del Plano Regulador Metropolitano de Concepción restringido al área urbana de Coronel visto a través del D.S. N° 38/2011 del MMA presenta altos porcentajes de zona III. En general, y debido a que el instrumento de planificación trabaja a una escala regional, posee ciertas diferencias, principalmente, en las zonas II y III. Sin embargo, estas diferencias son aceptables, debido a que le otorgan libertad al PRC para poder normar estos sitios según sea conveniente. La zona industrial (ZI) dentro del radio urbano de Coronel son, zonas ZI-12 (Escuadrón), ZI-13 (Coronel), ZI-14 (Schwager) y ZI-15 (Manco Poniente) está el de equipamiento. El artículo 3.2.3 del PRMC, señala:

Los destinos permitidos en la ZI son los siguientes:

- *Industrial: calificado como inofensivo o molesto por la autoridad competente.*
- *Infraestructura de Transporte de apoyo a la actividad industrial.*
- *Equipamiento asociado a la actividad industrial.*
- *Habitacional: Sólo viviendas unifamiliar necesaria para el funcionamiento de la actividad industrial.*

Los usos permitidos imposibilitan homologar a zona IV, aun cuando el artículo señala expresamente que ese equipamiento y uso habitacional está asociado a la actividad industrial, dando cuenta que dichos usos tienen como única función apoyar la actividad productiva formando parte inseparable de ésta.

La cartografía correspondiente al resultado del cruce de las cartas anteriores, en donde se muestra en verde los lugares en que existe coincidencia de zonas y en rojo los lugares en donde no existe coincidencia de zonas según el D.S N° 38/2011 del MMA. El área que mayor incongruencia abarca es la que corresponde a zonas II en el PRC y zonas III en el PRMC. Al respecto, se puede añadir que la razón principal por la cual ocurre esta incongruencia es la aplicabilidad de dichos instrumentos en una zona determinada, mientras el PRMC, a pesar de ser normativo, zonifica de forma general a una escala regional, mientras que el PRC al ser de igual manera normativo, pero aplicado en una escala de menor envergadura permite establecer zonas en detalle.

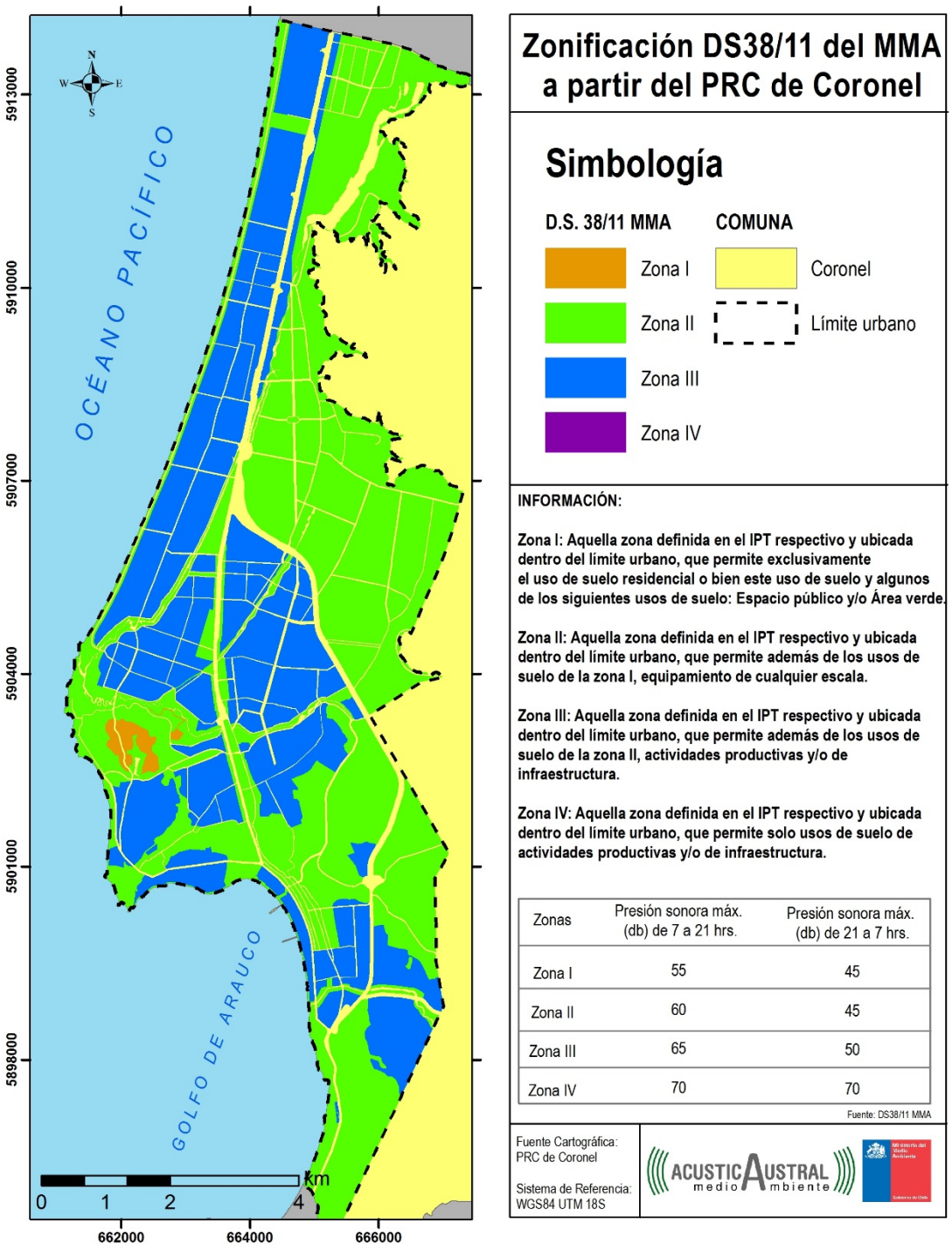


Figura 26: Zonificación D.S. N° 38/2011 del MMA, a partir del PRC de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

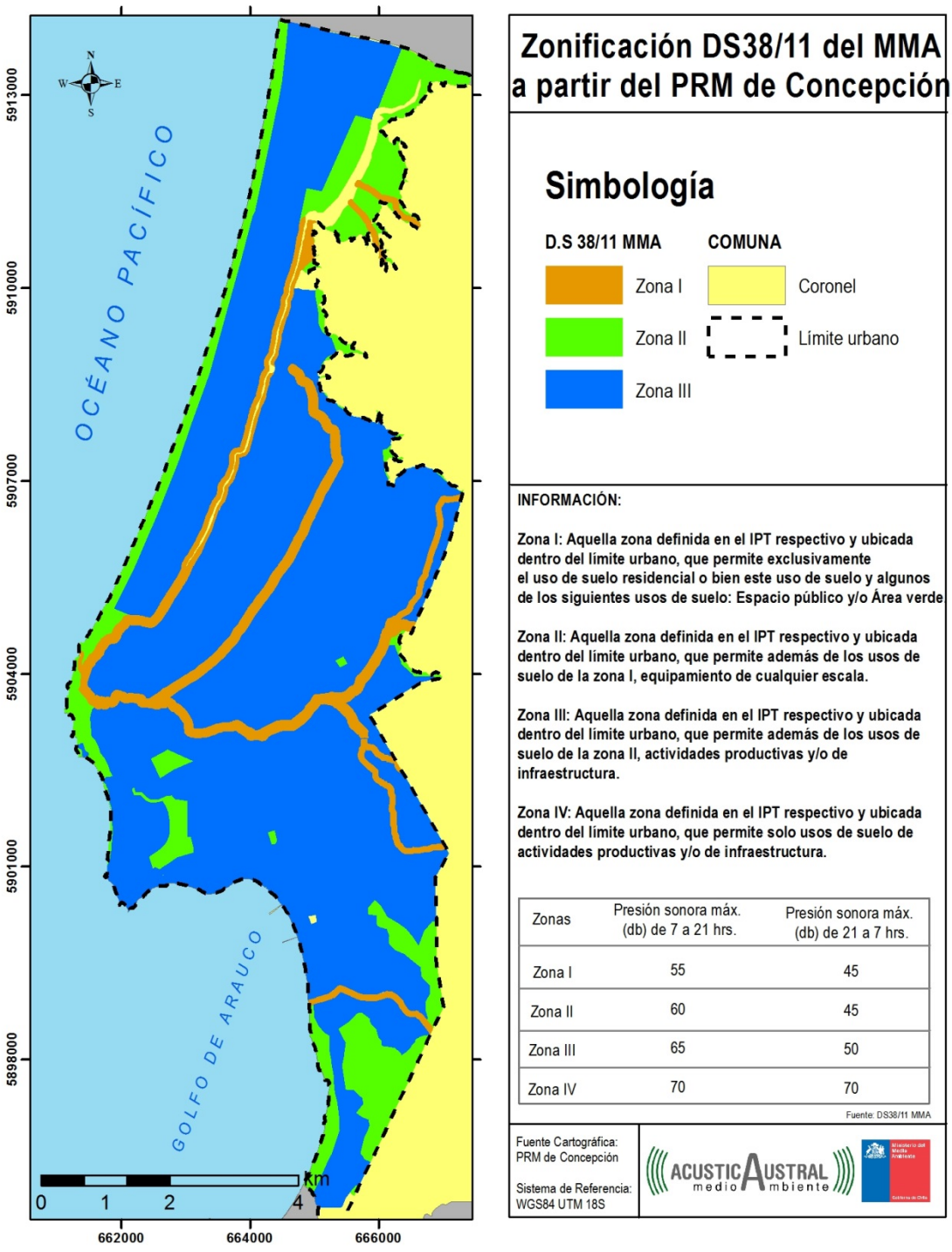


Figura 27: Zonificación D.S. N° 38/2011 del MMA, a partir del PRM de Concepción. Fuente: Elaboración propia.

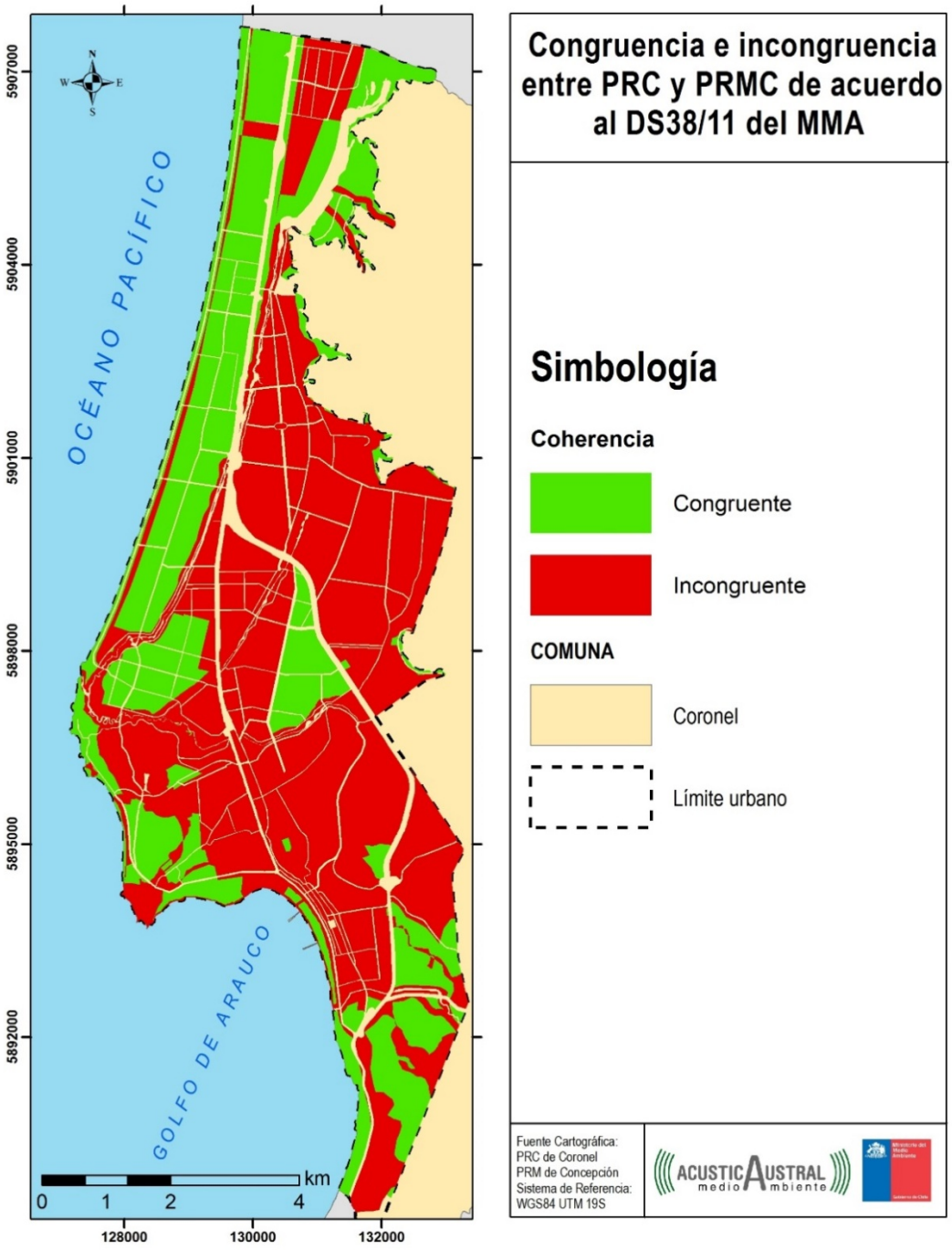


Figura 28: Mapa de congruencia e incongruencia de zonificación a partir del PRC y PRMC. Fuente: Elaboración propia.

2.5.3 Evaluación mediante normativa internacional para tráfico rodado

En primer lugar, cabe precisar que en el país no existen normativas para evaluar el impacto por ruido de las fuentes móviles, ya sea tráfico vehicular o ferroviario. Por lo tanto, en ausencia de normativa nacional para estas fuentes de ruido presentes en la comuna de Coronel se procede a realizar el mismo ejercicio anterior, a partir del Reglamento de la Confederación Suiza OPB 814.41 [OPB 1986], normativa de referencia que reglamenta las inmisiones de ruido exterior y su evaluación a partir de valores límites de exposición. Este reglamento establece diversos procedimientos de evaluación asociados al ruido, entre ellos, el tráfico vehicular y ferroviario, estableciendo diversos límites de planificación, inmisión y alarma, definidos según los grados de sensibilidad de cada zona donde se emplazan el o los receptores, y se utiliza para la planificación de proyectos viales que implican un impacto por ruido, estableciendo diversos límites de planificación, inmisión y alarma, definidos según los grados de sensibilidad de cada zona como se definen a continuación:

Tabla 16: Tipo de zona de sensibilidad y descripción.

Tipo Zona	Descripción
Zona de sensibilidad grado I	Zona que requiere una protección elevada contra el ruido, especialmente zonas de conservación
Zona de sensibilidad grado II	Zonas donde ninguna actividad molesta está permitida, especialmente zonas habitacionales, así como aquellas reservadas a las instalaciones públicas
Zona de sensibilidad grado III	Zonas donde se admiten actividades moderadamente molestas, especialmente en zonas habitacionales, artesanales y agrícolas
Zona de sensibilidad grado IV	Zonas donde se permiten actividades molestas, especialmente zonas industriales

Fuente: Norma OPB 841.41

Los valores límites de exposición según la tabla 17 se aplican al ruido del flujo vial. Forma parte el ruido que se genera en el camino por los vehículos a motor (ruido de los vehículos a motor) y por los trenes (ruido del ferrocarril). Para efectos del estudio se considerarán los valores límite de inmisión.

Tabla 17: Valores límites de exposición al ruido, según Norma OPB 841.41.

Grado de Sensibilidad	Valor de planificación (dBA)		Valor límite de inmisión (dBA)		Valor de alarma (dBA)	
(Art. 43)	Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Fuente: Norma OPB 841.41

2.5.3.1. Homologación del IPT a partir del Reglamento de la Confederación Suiza OPB 81.41

La figura 29 muestra el resultado de dicho proceso, en donde se puede apreciar la homologación del PRC de Coronel según la zonificación establecida por el Reglamento de la Confederación Suiza, OPB 814.41. El ejercicio de homologación fue realizado por el equipo consultor, de acuerdo a los usos definidos por la Norma.

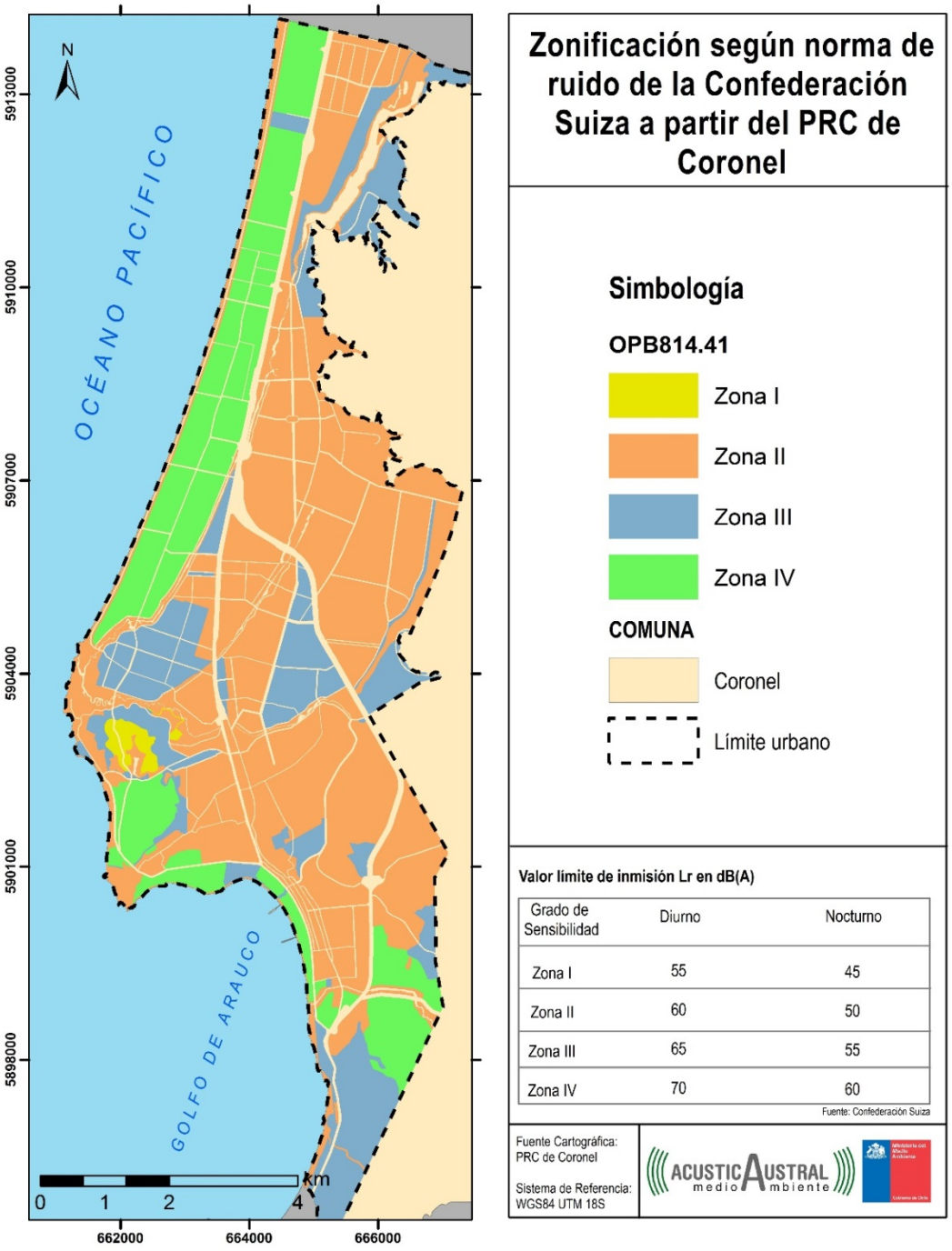


Figura 29: Zonificación OPB 814.41, a partir del PRC de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

2.5.4 Superficie expuesta a determinados niveles de ruido

Una vez generada la información acústica de Coronel, mediante software de modelación, se procede al cálculo de superficie exterior modelada expuesta a determinados niveles de ruido por medio de Sistema de Información Geográfica (en adelante SIG). Para esto es necesaria la información en formato shapefile (*.shp)* correspondientes a los límites administrativos de la comuna de Coronel como también la información digitalizada (formato *.shp*) de la infraestructura de Coronel.

Mediante SIG se realizaron dos procesos con el fin de que el mapa de ruido de Coronel obtenga mayor precisión. El primero consiste en acotar la modelación del mapa de ruido a los límites urbanos de Coronel (ver figura 30). Esto se realiza mediante una digitalización del límite urbano actual según la revisión del Plano Regulador Comunal de Coronel vigente (desde el año 2013), para luego realizar un proceso de eliminación de aquellas zonas modeladas que no son parte del área de estudio. El segundo paso comprende la eliminación de la superficie modelada bajo las edificaciones, se representa a través de la figura 31, esto porque el modelo está diseñado para estimar niveles de ruido al exterior, por tanto los niveles de ruido al interior de éstas, a pesar de estar modelados, son desconocidos. De esta forma el mapa de ruido de Coronel tiene mayor precisión sobre la superficie exterior afectada a determinados niveles de ruido.

El resultado de estos procesos es reflejado por medio de cartografías temáticas diurnas y nocturnas, corresponde a un mapa temático graduado en intervalos cada 5dB. Esto genera un total de dos cartografías temáticas, las cuales se apoyan además en tablas y gráficos que muestran, a nivel porcentual y areal, la cantidad de superficie exterior modelada expuesta a determinados niveles de ruido, según corresponda.

Este resultado además se ocupa como insumo para el resto de procesos geoespaciales incluidos en el presente estudio.

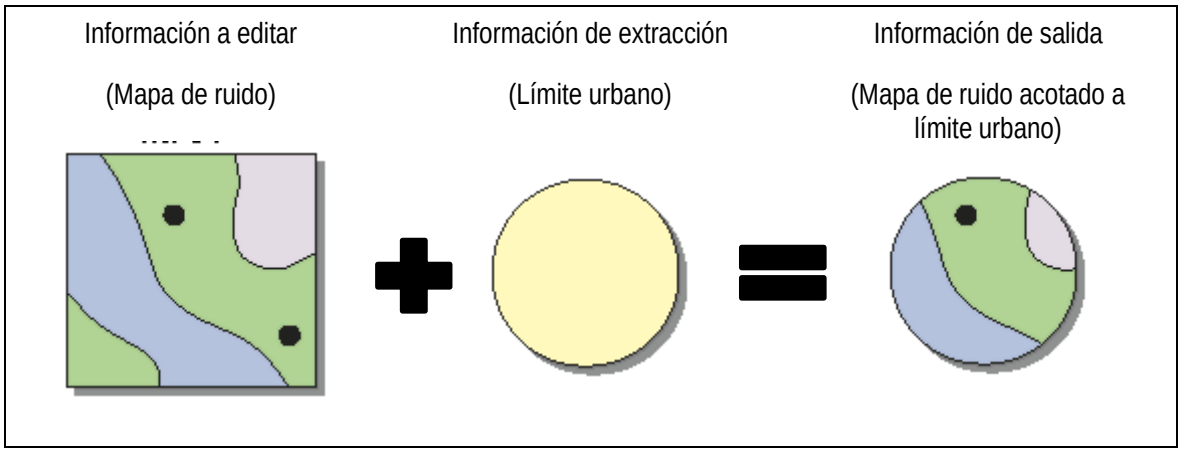


Figura 30: Proceso de extracción mediante SIG. Fuente: Elaboración propia con ilustraciones de ArcGis 10.

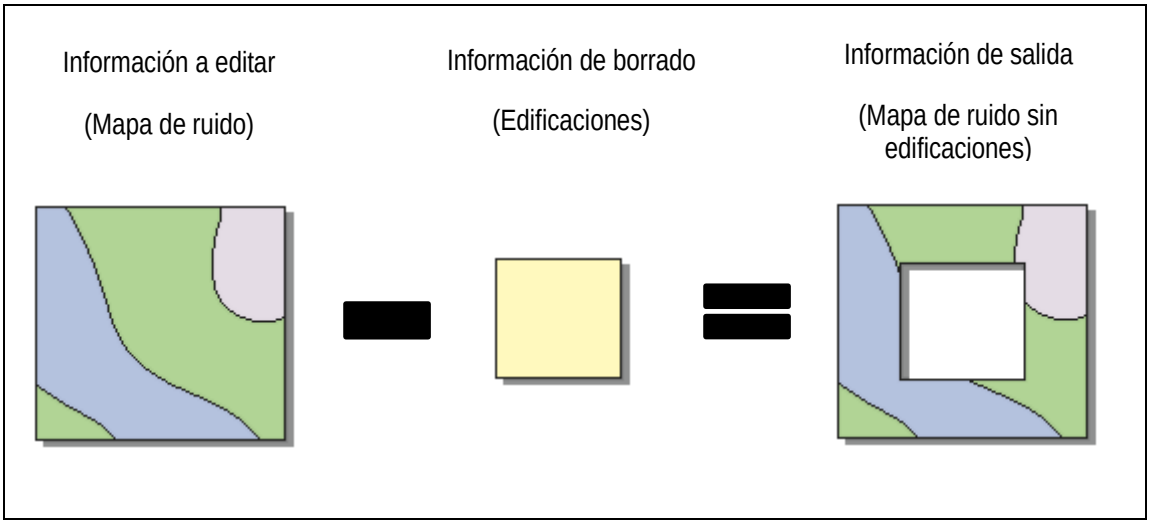


Figura 31: Proceso de eliminación mediante SIG. Fuente: Elaboración propia con ilustraciones de ArcGis 10.

2.5.5 Población potencialmente expuesta

Debido a que los datos geodemográficos actuales no satisfacen los requerimientos del presente estudio, la metodología actual basa sus esfuerzos en establecer una distribución poblacional de mayor realismo a una escala distrital según densidad de población. Esto es logrado a partir de los siguientes insumos:

- Ordenanza PRC
- Usos de suelo de (zonificación PRC) de Coronel
- Edificaciones hasta la fecha
- Distritos pre-censo 2012
- Estimación de población por comunas 2012-2020 del INE
- Porcentaje de población urbano/rural del Censo 2012

Mediante SIG, el primer paso consistió en identificar, por medio de la Ordenanza del PRC de Coronel, los distintos usos de suelo que no permiten un uso habitacional de ningún tipo. Con esto, los usos de suelo como los industriales o los de riesgo de inundación o derrumbes quedan descartados, ya que son zonas de inviabilidad habitacional, en otras palabras, zonas en donde en la práctica no residen personas.

Una vez reconocidos los usos de suelo de carácter habitacional el segundo paso consiste en eliminar todo tipo de edificación que se encuentre emplazada en los usos de suelo no habitacionales, esto con el fin de obtener los m^2 totales de edificación en donde habita la población urbana de Coronel. Si bien conocemos que en la práctica existen edificaciones de equipamiento situadas en zonas de uso habitacional o mixto, esta situación se reconocerá como una limitante metodológica.

Gracias a que ahora se conoce el total de m^2 edificados en zonas residenciales y mixtas (equipamiento e infraestructura), el siguiente paso es la estimación del nivel de ruido por edificación.

Mediante el software de modelación (CadnaA) se procedió a calcular valores de ruido en dB(A) por cada fachada de edificación presente en la comuna. Posteriormente se asume para edificación el mayor valor calculado en cada una de sus fachadas, asumiendo una condición conservadora. Este resultado exportado como punto de evaluación es posteriormente trabajado en SIG para realizar las estimaciones de población.

El cálculo de población urbana se explica a continuación:

La población urbana total de Coronel, se conoce mediante la utilización de dos insumos, el primero es el porcentaje de población urbano/rural de Coronel, disponible en el Censo 2012 (correspondiente al 97,17% de la población total de Coronel), y el segundo dato es la estimación de población a nivel comunal para el periodo 2012-2020 del INE (el cual da como resultado 107.525 habitantes urbanos).

Teniendo, por un lado el número de edificaciones totales dentro del límite urbano y la población urbana proyectada de Coronel se aplica la siguiente formula:

$$\frac{Población\ Urbana}{N°Edificaciones} = \mathbf{4,4688501} = N°\ estimado\ de\ personas\ por\ edificación$$

Finalmente, con el "*N° estimado de personas por edificación*" es posible calcular el número de personas potencialmente expuestas a determinados niveles de ruido:

- General (Coronel urbano)
- Nivel Distrital en intervalos cada 5 dB(A)
- Criterio OCDE
- Norma OPB 84.14.

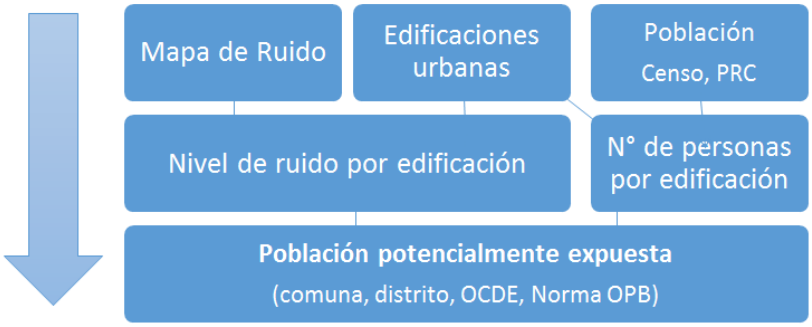


Figura 32: Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se hace mención a las características demográficas generales de los habitantes de Coronel, tales como edad y sexo, disponibles a partir de las proyecciones realizadas el presente año por el INE, con el fin de comprender mejor el aspecto social en el cual se encuentra inmerso el estudio, para luego exponer los resultados del análisis del Mapa de ruido de Coronel en función de sus habitantes.

2.5.6 Impacto del ruido en establecimientos educacionales y de salud

El análisis de la población vulnerable se realiza mediante la consideración de la infraestructura de salud y educación dentro del entramadado urbano y, por ende, incluido en la modelación del mapa de ruido global de Coronel, el cual engloba a todos los tipos de fuentes de ruido (actividad industrial, tráfico vehicular y ferroviario) presentes.

El primer paso corresponde a la espacialización y digitalización de establecimientos educacionales y de salud mediante el uso de SIG, definiendo un punto-coordenada UTM para cada edificación. Para los establecimientos educacionales se utilizó las direcciones (disponibles vía web) las cuales fueron geocodificadas. Para los establecimientos de Salud, se dispone de un archivo en formato .kmz con la

información de hospitales, SAPUS, establecimientos rurales y otros a nivel nacional (disponible en el sitio web del Departamento de Estadísticas e Información de Salud) el cual se acotó al área de estudio (Coronel Norte y Coronel sur) mediante el proceso Clip del SIG utilizado.

Posteriormente, se procedió a la estimación de la población vulnerable potencialmente expuesta a determinados niveles de ruido según criterio OCDE. Para determinar el número de alumnos por establecimiento educacional dentro de la comuna de Coronel se usará el listado comunal disponible en la página web Comunidad Escolar del Ministerio de Educación.

Una vez espacializada la información mediante SIG e identificado el número total de personas vulnerables que ocupan cada establecimiento (valor incorporado a la tabla de atributos de los establecimientos), se procede a realizar la estimación de exposición al ruido en estos lugares. Se considera un valor de Ruido exterior, siendo este, el de fachada (Rex) más expuesta.

Estas estimaciones fueron elaboradas a partir del Mapa de Ruido Global de Coronel, el cual considera todas las fuentes de ruido existentes en el área de estudio (Tráfico rodado (vehículos y trenes) y actividad industrial).

A continuación en las tablas 18 y 19 se muestran los establecimientos de educación y salud evaluados dentro de la comuna urbana de Coronel.

Tabla 18: Caracterización espacial de establecimientos de educación evaluados en Coronel.

Nombre	ID	Cantidad de matrículas	Coordenadas UTM	
			Este (m)	Norte (m)
Liceo Industrial Federico W. Schwager	1	124	662079.51	5900673.09
Liceo Comercial Andrés Bello López	2	906	664052.94	5902232.79
Escuela Diferencial María Ester Breve G	3	53	663186.23	5903213.68
Liceo Coronel Antonio Salamanca	4	1685	664843.40	5900359.40
Liceo Yobilo De Coronel	5	299	664294.59	5902661.66
Escuela Rosita Renard	6	438	663309.25	5903274.39
Escuela Básica Playas Negras	7	168	665042.31	5899470.67
Escuela Rosa Medel Aguilera	8	150	663488.37	5901141.12
Escuela Básica Javiera Carrera	9	245	664263.68	5901850.27
Escuela Rafael Sotomayor Baeza	10	641	665029.37	5900310.80
Escuela Víctor Domingo Silva	11	388	664296.26	5902290.97
Escuela Ambrosio O'Higgins	12	301	663947.24	5903987.24
Escuela República De Francia	13	184	665506.66	5899970.66
Escuela Remigio Castro Aburto	14	303	664952.37	5900177.61
Escuela Adelaida Miguieles Soto	15	407	665003.26	5900186.93
Escuela Octavio Salinas Cariaga	16	352	663601.32	5902705.48
Escuela Vista Hermosa	17	261	666170.20	5900655.48
Escuela Jorge Rojas Miranda	18	231	664605.34	5901143.11
Escuela Rosa Yáñez Rodríguez	19	136	662245.68	5900980.66
Escuela Básica Ramón Freire Serrano	20	294	663899.05	5905187.64
Escuela Arturo Hughes Cerna	21	951	663891.27	5905516.58

Escuela Escuadrón	22	215	664839.36	5908555.22
Colegio Particular Gabriela Mistral	23	389	664283.14	5902203.09
Escuela Metodista	24	650	663290.46	5903382.54
Colegio Particular San Pedro	25	571	665337.70	5900395.97
Escuela Particular San Marcos	26	430	664148.36	5905226.98
Colegio Particular Ignacio Carrera Pinto	27	563	664160.24	5905486.70
Escuela Genaro Ríos Campos	28	586	664973.45	5902903.44
Colegio Aníbal Esquivel Tapia	29	615	665145.72	5900132.04
Escuela Maule	30	294	661397.53	5903266.77
Colegio Metodista Lagunillas	31	322	663083.53	5904612.51
Escuela Particular Américo Vespucio	32	893	663158.89	5905169.18
Liceo Industrial Metodista De Coronel	33	1059	663021.23	5904454.99
Centro Educ. Integrada De Adultos	34	638	665234.62	5900379.93
Jardín Infantil Aníbal Esquivel Tapia	35	80	665034.28	5899819.36
Colegio Amanecer	37	833	663509.96	5904168.33
Colegio Einstein	38	291	663623.43	5906546.09
Liceo Técnico Profesional De La Madera	39	664	663410.12	5906159.29
Esc. Esp. De Transt. Común Domingo Parra	40	154	664465.23	5905062.14
Jardín Infantil Aníbal Esquivel	41	81	663586.99	5905495.50
Jardín Infantil Timonel La Alegría De Aprender	42	40	663453.58	5903366.89
American Junior College	43	711	663313.59	5905888.47
Colegio Domingo Parra Corbalán	44	956	664375.52	5905005.82
Jardín Infantil Sala Cuna Tutumpi	45	193	663540.23	5904578.32
Escuela De Lenguaje Timonel	46	90	663487.02	5903391.58
Escuela Especial De Lenguaje Wenga	47	534	664199.61	5902376.53
Centro De Formación Laboral San Andrés	48	73	662542.11	5904264.45
Escuela Especial Diferencial Sol Naciente	49	106	663334.53	5904424.89
Escuela Especial De Lenguaje Cidnee	50	13	665028.24	5902855.17
Esc. Esp. De Lenguaje Timonel Coronel	51	90	665598.91	5900062.65

Fuente: Elaboración Propia en base a listado comunal disponible en la página web Comunidad Escolar del Ministerio de Educación

Tabla 19: Caracterización espacial de establecimientos de salud evaluados en Coronel.

Nombre	ID	Coordenadas UTM	
		Este (m)	Norte (m)
Centro de Salud Familiar Carlos Pinto Fierro	1	663612.51	5903548.71
Departamento de Salud Municipal	2	663593.70	5903527.97
Centro de Salud Familiar Lagunillas	3	663731.37	5904703.61
Centro de Salud Familiar Yobilo	4	664545.34	5902184.75
COSAM	5	664866.56	5900450.02
Policlínico ACHS	6	664670.05	5900638.46
Hospital San José	7	665778.75	5900384.33
CECOF Lagunillas	8	663866.59	5905921.56

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en las figuras 33 y 34, se muestran los establecimientos de educación y salud evaluados dentro de la comuna urbana de Coronel.

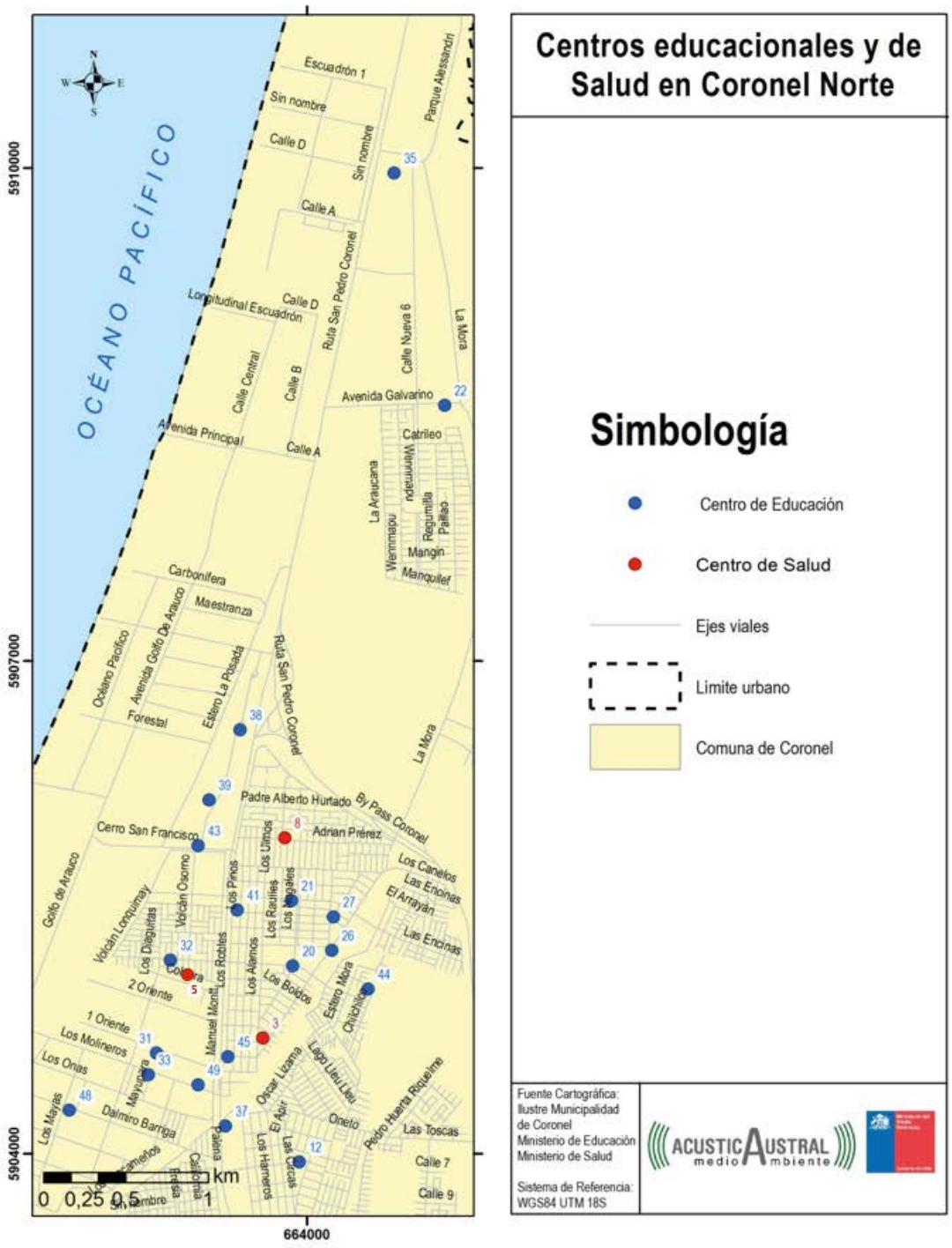


Figura 33: Emplazamiento establecimiento de Educación y Salud, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

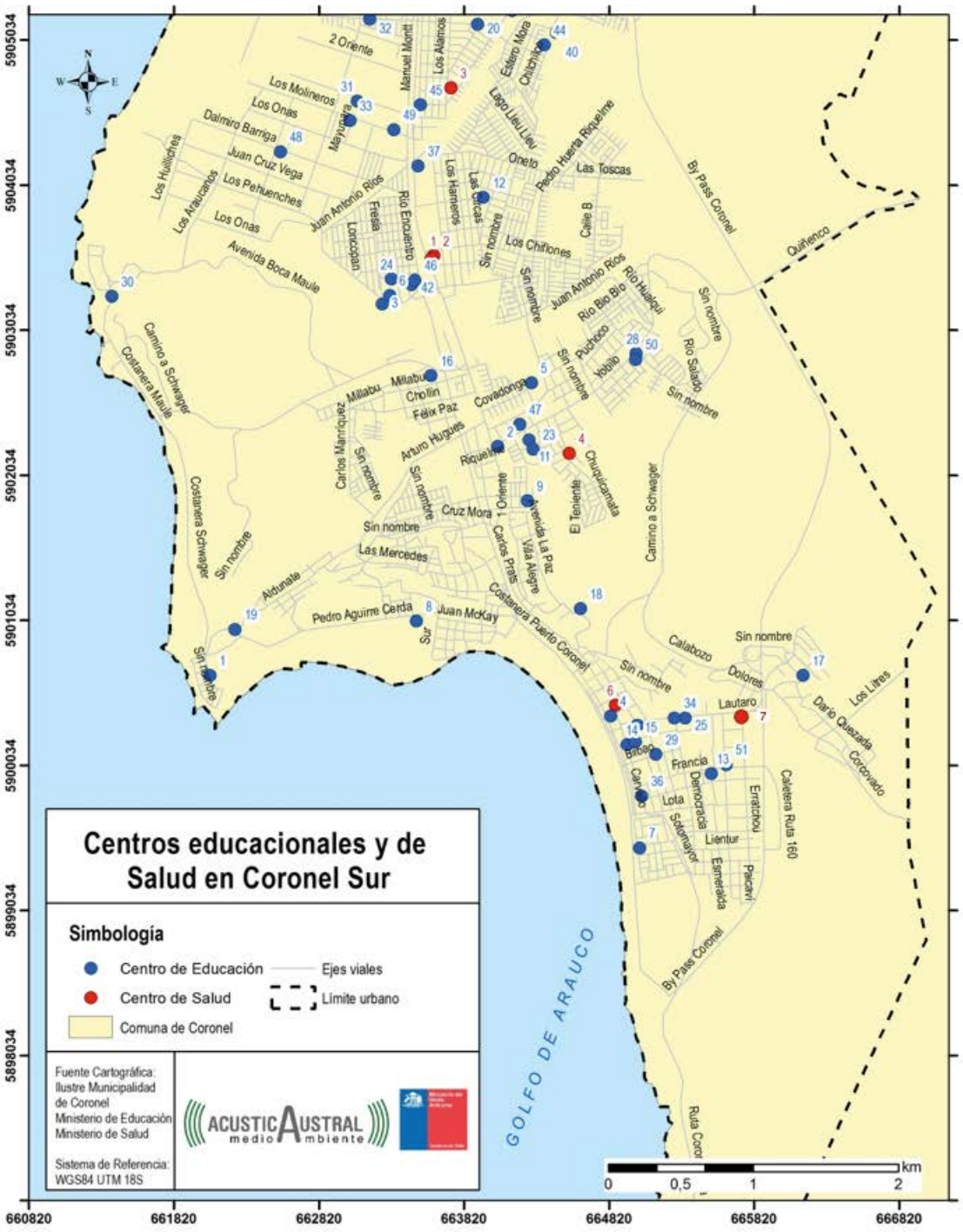


Figura 34: Emplazamiento establecimiento de Educación y Salud, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

3. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA COMUNA DE CORONEL

Para caracterizar el ruido ambiental de la comuna de Coronel se realizó un diagnóstico, a partir del análisis de la información existente, como catastro de proyectos sometidos al Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA), listado de denuncias por ruido entregado por la Secretaría Regional Ministerial (Seremi) de Salud de la región del Biobío, fiscalizaciones aportadas por la SMA, y percepción de la comunidad a través de talleres de participación ciudadana y mediciones acústicas continuas y discretas a las distintas fuentes emisoras de ruido, tanto fijas (actividad productivas, esparcimiento) como móviles (transporte terrestre: vehicular y ferroviario) presentes en la comuna.

3.1 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a Información Existente

En los siguientes capítulos se presentan todos los antecedentes analizados para entregar una primera mirada (diagnóstico) sobre el ruido ambiental en Coronel, realizada en base a información existente obtenida de los servicios públicos de la región del Biobío, básicamente proyectos (DIAs o EIAs) con RCA dentro del radio urbano de la comuna, denuncias por ruido aportados por el Seremi Salud, entidad que fue la encargada de la fiscalización de la Norma de ruido antes de entrada en vigencia de la nueva institucionalidad ambiental (Ley N° 20.417), potestad fiscalizadora a cargo de la SMA actualmente. Además de procesos de fiscalización de la Norma de ruido por parte de la SMA y finalmente catastro de patentes comerciales año 2015 entregadas por la Ilustre Municipalidad de Coronel, la cual fue contrastada con inspecciones en terreno realizadas por el equipo consultor.

3.1.1 Potenciales Fuentes de Ruido

Para conocer la problemática de ruido ambiental en la comuna de Coronel se realiza un catastro de las principales fuentes de ruido presentes en la ciudad, sean estas actividades productivas, de equipamiento, de infraestructura, ocio, etc.
A continuación, en la tabla 20, se muestra el catastro de fuentes de ruido considerado para la Zona Norte (figura 35) y Zona Sur (figura 36) de Coronel, a partir de información gestionada por el MMA y entregada por la Ilustre Municipalidad de Coronel (patentes comerciales año 2015). La base de datos fue verificada y complementada en terreno por el equipo consultor.

Tabla 20: Catastro de Fuentes identificadas.

N°	Código Fuente	Fuente	Zona de Coronel	Tipo de actividad	Coordenada UTM	
					Este (m)	Norte (m)
1	F25	Áridos Lleu Lleu Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664507	5912553
2	F26	Polykarpo	Norte	Actividad Productiva	664683	5912741
3	F27	Prefabricados Hormigones Grau S.A.	Norte	Actividad Productiva	664880	5912702
4	F28	FPC Tissue S.A.	Norte	Actividad Productiva	664094	5911007
5	F29	FPC Papeles S.A.	Norte	Actividad Productiva	664437	5910829
6	F3	Pub Corazón Valiente	Norte	Actividad Productiva	663598	5905936

N°	Código Fuente	Fuente	Zona de Coronel	Tipo de actividad	Coordenada UTM	
					Este (m)	Norte (m)
7	F30	Eléctrica Nueva Energía S.A. (ENESA)	Norte	Infraestructura Energética	664164	5910745
8	F31	ACMA S.A.	Norte	Actividad Productiva	664432	5910565
9	F32	Resinas Biobío S.A.	Norte	Actividad Productiva	664061	5910535
10	F33	Arenadora s/nombre	Norte	Actividad Productiva	663896	5910355
11	F34	Coinfa Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664205	5910196
12	F35	Galva Ocho Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664277	5909921
13	F36	Prosein Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664043	5909932
14	F37	Procesa S.A.	Norte	Actividad Productiva	663823	5910013
15	F38	Maltexco S.A.	Norte	Actividad Productiva	664235	5909743
16	F39	Oxiquim S.A.	Norte	Actividad Productiva	664129	5909630
17	F4	Constructora Nahuelbuta	Norte	Actividad Productiva	663230	5904803
18	F40	Estanques Oxy	Norte	Actividad Productiva	663700	5909520
19	F41	Noramco S.A.	Norte	Actividad Productiva	663744	5909116
20	F42	Industone S.A.	Norte	Actividad Productiva	663763	5909039
21	F43	Sin información visible	Norte	Actividad Productiva	664008	5909025
22	F44	Sin información a la vista (Arenadora)	Norte	Actividad Productiva	663518	5908900
23	F45	Fiordo Austral	Norte	Actividad Productiva	663483	5908772
24	F46	Empacadora San Juan	Norte	Actividad Productiva	664004	5908684
25	F47	Ewos Chile S.A.	Norte	Actividad Productiva	663701	5908367
26	F48	Pesquera Grimar S.A.	Norte	Actividad Productiva	663513	5908314
27	F49	Forestal Tromen S.A.	Norte	Actividad Productiva	663806	5908170
28	F5	Fábrica Panderetas s/nombre	Norte	Actividad Productiva	663078	5904460
29	F50	Pesquera Food Corp S.A.	Norte	Actividad Productiva	663353	5907884

N°	Código Fuente	Fuente	Zona de Coronel	Tipo de actividad	Coordenada UTM	
					Este (m)	Norte (m)
30	F51	Forestal Tromen S.A.	Norte	Actividad Productiva	663753	5907772
31	F52	Hormigones BSA	Norte	Actividad Productiva	663288	5907586
32	F53	Davison Chile Ltda.	Norte	Actividad Productiva	663427	5907479
33	F54	CMPC Maderas S.A.	Norte	Actividad Productiva	663384	5907353
34	F55	Recicladora Vidrios	Norte	Actividad Productiva	663258	5907270
35	F56	Proyecmetal	Norte	Actividad Productiva	663407	5907150
36	F57	Hormigones Biobío	Norte	Actividad Productiva	663303	5907043
37	F58	Maderera SEAT	Norte	Actividad Productiva	663124	5907124
38	F59	Agarpac	Norte	Actividad Productiva	662818	5907187
39	F6	Fábrica Panderetas Valdés	Norte	Actividad Productiva	663329	5904349
40	F60	Gemproyin Ltda.	Norte	Actividad Productiva	663078	5907070
41	F61	San Lazaro	Norte	Actividad Productiva	663248	5906867
42	F62	Arenado	Norte	Actividad Productiva	662869	5906788
43	F63	ITI Chile S.A.	Norte	Actividad Productiva	662921	5906697
44	F64	CM Maderera Ltda.	Norte	Actividad Productiva	663201	5906621
45	F65	Pellets Biopower SpA.	Norte	Actividad Productiva	663326	5906540
46	F66	Auxiliar Conservera S.A.	Norte	Actividad Productiva	662981	5906494
47	F67	ITI Chile S.A.	Norte	Actividad Productiva	662861	5906533
48	F68	Industrial Maule Ltda.	Norte	Actividad Productiva	662640	5906563
49	F69	Aguas San Pedro	Norte	Actividad Productiva	662477	5906283
50	F7	Fábrica Panderetas La Paloma	Norte	Actividad Productiva	663302	5904263
51	F70	Pta. Trat. Hidrocarburos Ltda.	Norte	Infraestructura Sanitaria	662538	5906254
52	F71	Sandoor	Norte	Actividad Productiva	662700	5906221

N°	Código Fuente	Fuente	Zona de Coronel	Tipo de actividad	Coordenada UTM	
					Este (m)	Norte (m)
53	F72	Corralón Municipal	Norte	Actividad Productiva	662868	5906211
54	F73	Cementos Polpaico Ltda.	Norte	Actividad Productiva	662489	5905928
55	F74	Terminal Buses Takora	Norte	Infraestructura Transporte	662754	5905927
56	F75	Neuling Graneles S.A.	Norte	Actividad Productiva	662777	5905758
57	F75	Solvay	Norte	Actividad Productiva	662917	5905908
58	F76	Sin información a la vista (Galpones bodegaje)	Norte	Actividad Productiva	662931	5905713
59	F77	Sodimac S.A.	Norte	Actividad Productiva	662662	5905502
60	F78	Essbio	Norte	Actividad Productiva	662802	5905377
61	F79	Forestal Diezco Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664253	5908812
62	F8	Ferretería Los Molinos	Norte	Actividad Productiva	662910	5904586
63	F80	Granallados y Pinturas Industriales Ltda.	Norte	Actividad Productiva	664683	5909450
64	F81	Maestranza Ansu	Norte	Actividad Productiva	664589	5909554
65	F9	Muebles Valdivia	Norte	Actividad Productiva	662604	5904430
66	F10	Cía. Molinera Arauco S.A.	Sur	Actividad Productiva	663844	5902509
67	F11	Pesquera Bahía Coronel	Sur	Actividad Productiva	663602	5900952
68	F12	Planta Camanchaca	Sur	Actividad Productiva	664216	5900827
69	F13	Orizon S.A.	Sur	Actividad Productiva	663288	5900829
70	F14	Planta Astillado Fulghum Fibres	Sur	Actividad Productiva	662015	5901523
71	F15	Planta Astillado Consorcio Maderero	Sur	Actividad Productiva	662115	5901891
72	F16	Central termoeléctrica Bocamina Endesa S.A.	Sur	Infraestructura Energética	663128	5901115
73	F17	Correa (final)	Sur	Actividad Productiva	662326	5900557
		Correa (inicial)	Sur	Actividad Productiva	662382	5901005

N°	Código Fuente	Fuente	Zona de Coronel	Tipo de actividad	Coordenada UTM	
					Este (m)	Norte (m)
74	F18	Puerto de Coronel S.A.	Sur	Infraestructura Transporte (Portuaria)	664716	5900057
75	F19	Planta Astillado de Coronel Forestal Coala	Sur	Actividad Productiva	666199	5899619
76	F20	Central termoeléctrica Sta. María Colbún S.A.	Sur	Infraestructura Energética	666231	5898847
77	F21	Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco	Sur	Infraestructura Transporte (Portuaria)	666122	5899436
78	F22	Puerto de Coronel S.A.-Las Camelias	Sur	Infraestructura Transporte (Portuaria)	665095	5899138
79	F23	Planta Blumar S.A.	Sur	Actividad Productiva	664432	5900760
80	F24	Bután Centro Eventos	Sur	Actividad Productiva	661708	5902704

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en las figuras 35 y 36, se muestran las potenciales fuentes de ruido identificadas en la tabla 20 dentro de la comuna urbana de Coronel.

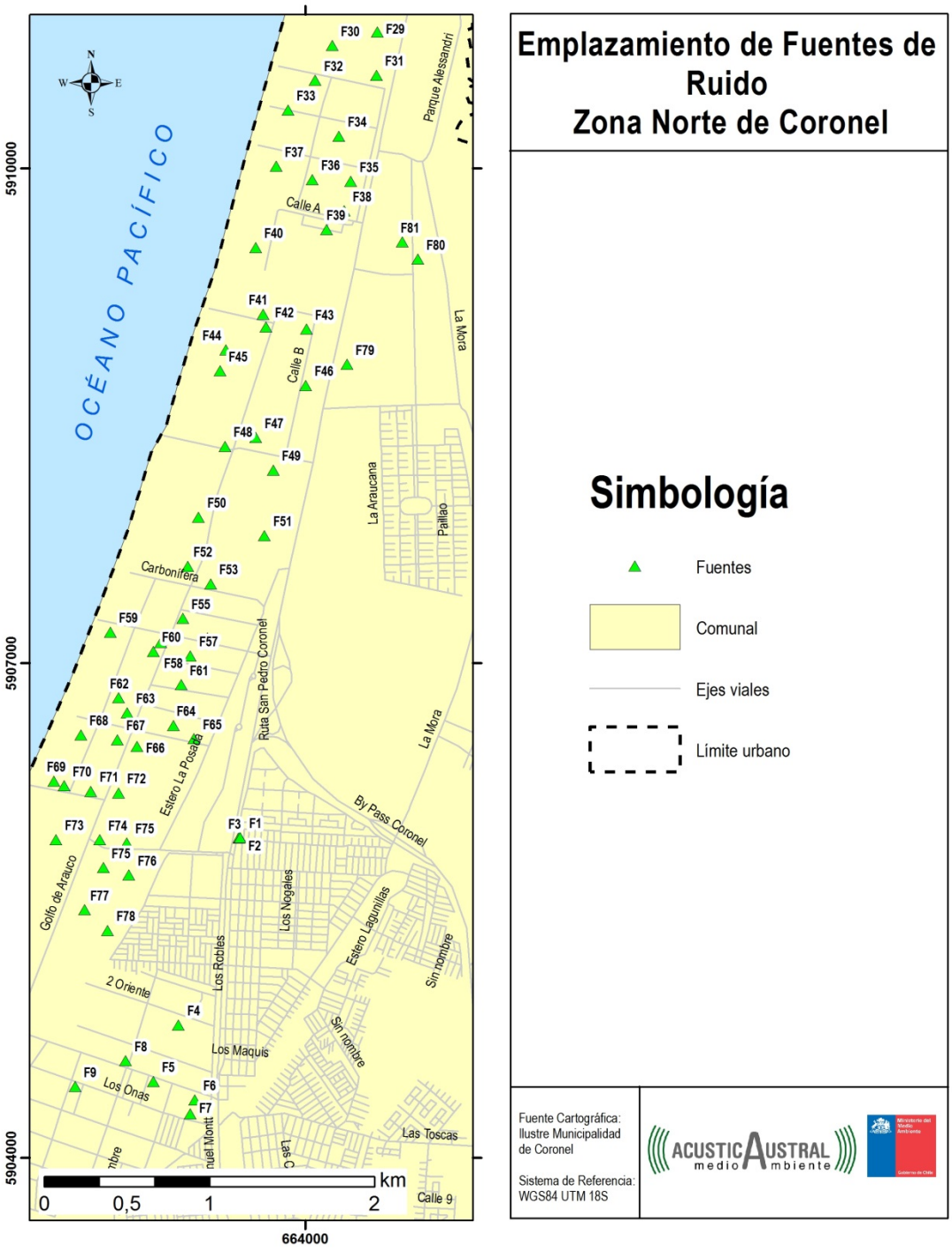


Figura 35: Distribución espacial de Potenciales Fuentes de Ruido emplazados en la Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

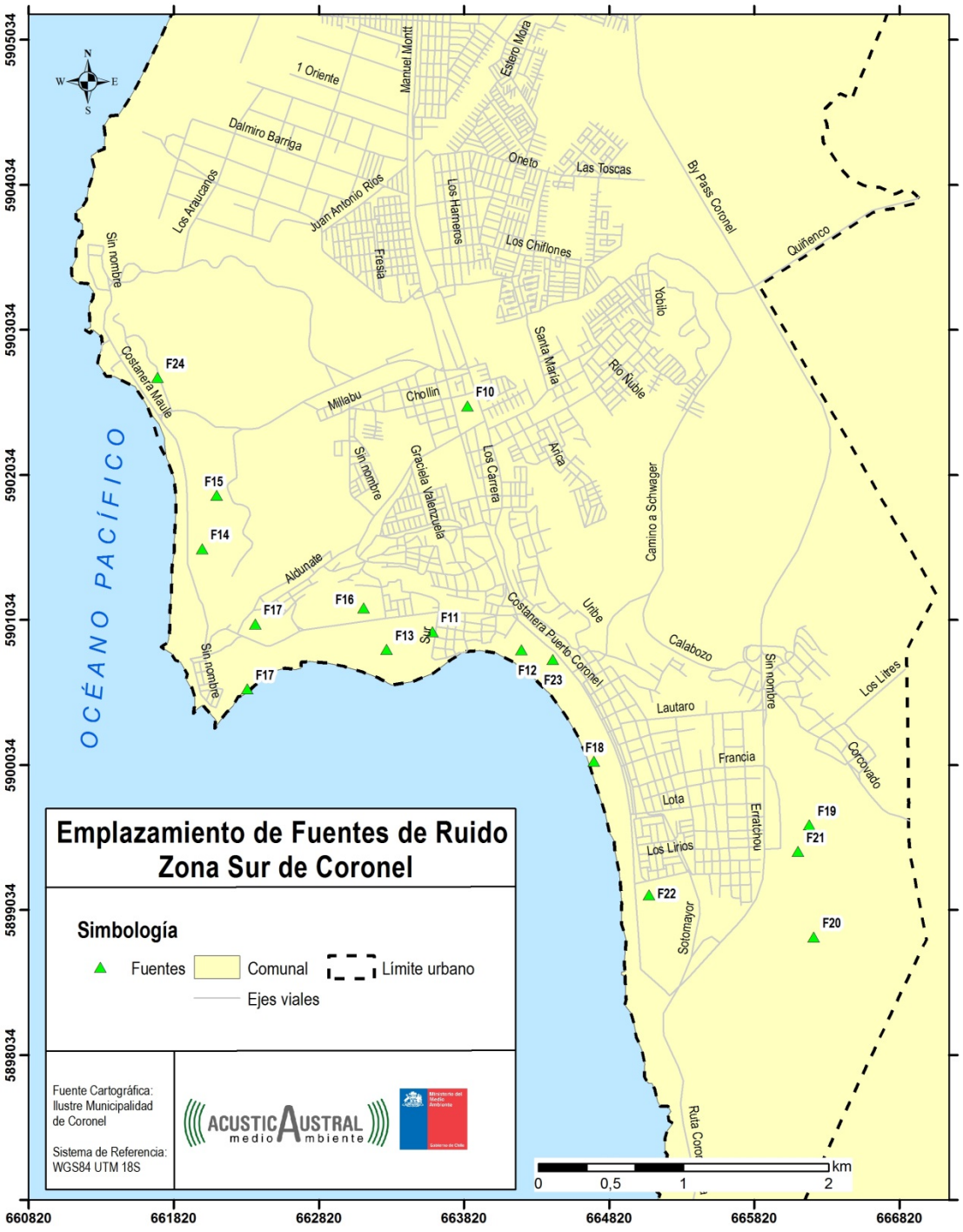


Figura 36: Distribución espacial de Potenciales Fuentes de Ruido emplazados en la Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA)

Muchas de las principales fuentes de ruido presentes en la comuna de Coronel, ingresaron al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, y disponen de Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobatoria, es por esto que se elaboró un catastro a partir de la revisión de las RCA de todos los proyectos emplazados en la comuna de Coronel y que fueron ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, incluyendo los que se encuentran aprobados y aún no han sido construidos.
El catastro de proyectos aprobados mediante RCA dentro del área urbana de la comuna se incluye en la tabla 21 agrupados por titular, tipo de proyecto, año de presentación y aprobación.
Al respecto, se puede observar que:

- La mayor cantidad de proyectos que cuentan con RCA se aprobaron entre los años 2005-2007, corresponden a un 38,95% de un total de 95 proyectos aprobados dentro de la comuna.
- Los sectores productivos que concentran la mayor cantidad de proyectos son Saneamiento Ambiental, Instalación fabriles varias y Otros, corresponden al 57% del total de proyectos aprobados.
- El sector productivo Energía alcanza el 10,53% del total de proyectos aprobados.

En las figuras 37 y 38 se muestra la distribución espacial de los proyectos con RCA emplazados en el área urbana de la comuna de Coronel asociado con un número (Id) para cada proyecto, según se indica en la tabla anterior. Aquellos puntos localizados fuera de la línea de costa corresponden a emplazamientos de descarga de riles y dragados del muelle del Puerto de Coronel, así como también sitios de descarga de aguas servidas. Para mayor detalle respecto de los proyectos considerados en la comuna de Coronel, remitirse al Anexo 3, el cual incorpora tabla con el detalle de los nombres, fecha de presentación y calificación, estado y sector productivo de cada proyecto.

Tabla 21: Catastro Proyectos comuna Coronel con RCA favorable agrupados por titular.

Id	Titular	Nombre	Tipo	Fecha presentación	Fecha calificación	Estado
80	Administradora Sanitaria Limitada	Mejoramiento planta de tratamiento de aguas residuales del Parque Industrial Coronel	DIA	23-08-2004	06-01-2005	No se tiene información
145	Agro Inversiones S.A.	Regularización Planta Industrial Agro Inversiones S.A.	DIA	19-05-2006	16-10-2006	Construido
146	Aguas San Pedro S.A.	Regularización y Ampliación Capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Parque Industrial Coronel	DIA	19-06-2012	19-12-2012	No se tiene información
36	Alberto Miranda Guerra	Construcción Cancha de Acopio en Patio Norte, Puerto de Coronel, Comuna de Coronel Acopio Coronel	DIA	01-06-2005	03-09-2005	Construido
22	Alimentos Mar Profundo S.A.	Ampliación y Modernización de la Planta de Conservas de Pescado y Modificación del Tratamiento y Disposición de los Residuos Industriales Líquidos Mar Profundo	DIA	30-04-2007	19-01-2008	No se tiene información
153	Alimentos Multiexport S.A.	Sistema de disposición final de riles de proceso	DIA	12-05-2006	30-07-2007	Construido
54	Áridos Coronel Ltda.	Extracción de arena de mar en el intermareal playa, sector Escuadrón, Coronel	DIA	15-06-2011	12-12-2011	No se tiene información
117	Auxiliar Conservera América S.A.	Planta Elaboradora de Envases de Hojalata para Conservas de Alimentos envases para conservar alimentos	DIA	03-02-2009	13-05-2009	No se tiene información

Id	Titular	Nombre	Tipo	Fecha presentación	Fecha calificación	Estado
28	Bulevar Rentas Inmobiliarias S.A.	Bulevar Coronel Power Center	DIA	20-12-2013	26-08-2014	Construido
106	Casas del Valle Barros Hermanos Ltda.	Planta de Producción de Formaldehido y Resinas Ureicas	DIA	04-08-2000	23-10-2000	Construido
101	Cementos Bicentenario S.A.	Planta de Molienda de Cemento Coronel	DIA	22-12-2010	12-08-2011	No Construido
170	Cementos Polpaico S.A.	Utilización de cenizas volantes y escoria siderúrgica de alto horno en molienda de cemento, Planta Coronel	DIA	05-04-2012	19-10-2012	No se tiene información
47	Cía. Pesquera Camanchaca S.A.	Elaboración de Congelados de Crustáceos	DIA	26-06-2007	17-10-2007	Construido
62	Cía. Pesquera Camanchaca S.A.	Instalación Generadores de Energía Eléctrica	DIA	30-10-2007	18-03-2008	Construido
33	Colbún S.A.	Complejo Termoeléctrico Coronel	EIA	07-09-2006	07-08-2007	Construido
69	Colbún S.A.	Línea de Alta Tensión Coronel-Charrúa 2x220 kV.	DIA	26-05-2008	06-03-2009	Construido
78	Comercializadora Azul Profundo S.A.	Mejoramiento del Tratamiento de Riles de la Industria Azul Profundo Mediante Flotación por Aire Disueltos Triles-Azul	DIA	13-09-2006	16-02-2007	Construido
108	Comercializadora Azul Profundo S.A.	Planta de Refinación Aceites de Pescado	DIA	28-07-2003	25-11-2003	Construido
39	Compañía Puerto de Coronel S.A.	Construcción Muelle de Atraque Sur, Puerto de Coronel	DIA	15-06-2006	24-01-2007	Construido
40	Compañía Puerto de Coronel S.A.	Construcción Muelle Granelero, Puerto de Coronel, Comuna de Coronel	DIA	30-11-2006	09-10-2007	Construido
45	Compañía Puerto de Coronel S.A.	Dragados de Sitios 6 y 7 Muelle Sur del Puerto de Coronel, Comuna de Coronel	DIA	07-10-2009	10-05-2010	Construido
64	Compañía Puerto de Coronel S.A.	Instalación Planta de Astillado Coronel	DIA	15-07-2010	26-01-2011	Construido
72	Conavicoop	Loteo Rector Enrique Molina Garmendia	DIA	16-08-2010	25-05-2011	No se tiene información
96	Consorcio Maderero S.A.	Planta de Astillado Coronel	DIA	25-06-2010	12-01-2011	No se tiene información
34	Constructora Noval Ltda.	Conjunto Habitacional Fondo Solidario para apoyo Reconstrucción en Coronel	DIA	01-04-2011	14-09-2011	No se tiene información
73	Constructora Ruival Ltda.	Loteo Santa Ester (Conjunto Habitacional)	DIA	20-04-1999	25-10-1999	No se tiene información
169	Corporación Metodista de Chile - SEDEC	Unidad Educativa Demostrativa de Compostaje Sector Buen Retiro	DIA	28-12-2000	03-12-2001	Abandonado
29	Cristóbal Morandé O'Reilly	Caldera de Biomasa Caldera de Biomasa RancoWood	DIA	02-08-2005	21-12-2005	Abandonado
6	Derivados Químicos Derquim Limitada	Ampliación Capacidad Proceso Planta Recuperación Aceites Usados	DIA	22-04-2015	14-09-2015	No se tiene información
128	Derivados Químicos Derquim Limitada	Planta Recuperación Aceites Usados	DIA	30-11-2006	11-04-2007	Construido
26	Ecobio S.A.	Bodega para Almacenamiento Transitorio de Residuos Industriales de Terceros, HERA TREPEL.	DIA	03-11-2008	04-03-2009	Construido
144	Eléctrica Nueva Energía S.A.	Regularización instalación turbina TG2.	DIA	16-09-2011	21-02-2012	Construido
138	Eléctrica Nueva Energía S.A. (ENESA)	Reemplazo Caldera Nº 2.	DIA	19-11-2012	01-04-2013	Construido
155	Emisario Coronel S.A.	Sistema de Recolección y Disposición de Riles Tratados de las Compañías Pesqueras Asociadas de Coronel emisario pesqueras	DIA	04-05-2009	22-02-2010	No Construido
81	Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío S.A.	Mejoramiento Sistema de Tratamiento de Agua Potable de Coronel	DIA	06-09-2001	29-10-2001	Construido

Id	Titular	Nombre	Tipo	Fecha presentación	Fecha calificación	Estado
104	Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío S.A.	Planta de PreTratamiento de Aguas Servidas de Coronel Sur	DIA	12-01-2005	11-04-2005	Construido
161	empresa de transporte de pasajeros	Terminal y Depósito de Buses Urbano "NUEVA TAKORA LIMITADA".	DIA	08-06-2011	12-01-2012	No se tiene información
7	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	Ampliación Central Bocamina (Segunda	EIA	28-07-2006	08-08-2007	Construido
90	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	Optimización Central Termoeléctrica Bocamina Segunda Unidad	EIA	18-12-2013	10-04-2015	Construido
14	Empresa Nacional de Electricidad S.A. Endesa	Ampliación del vertedero Central Termoeléctrica Bocamina	DIA	04-02-2009	29-01-2010	Construido
19	Empresa Nacional de Electricidad S.A. Endesa	Ampliación Subestación Bocamina	DIA	22-10-2008	13-03-2009	Construido
75	Empresa Schwager S.A.	Manejo y Confinamiento de Residuos del Proceso de Refinamiento de Petróleo	EIA	01-04-1995	29-08-1995	Abandonado
66	Ewos Chile Ltda.	Instalación y Puesta en Marcha de Nueva Línea de Producción, Línea 7 de Ewos Chile Limitada.	DIA	21-06-2007	03-01-2008	Construido
84	Ewos Chile Ltda.	Modificación del proyecto Planta de tratamiento de riles de Ewos Chile S A calificado ambientalmente por la Resolución de Calificación Ambiental Exenta N° 256/2001	DIA	19-01-2005	05-05-2005	Construido
136	Fábrica de Artefactos Sanitarios	Proyecto Planta Sanitarios	DIA	02-01-2003	09-06-2003	Construido
173	Ferrocarriles Suburbanos de Concepción S.A.	Extensión Biotren a Coronel - Vías Férreas Electrificadas y Señalizadas, Comunicaciones, Paraderos y Obras Anexas	DIA	11-09-2013	13-03-2014	No se tiene información
70	Foodcorp Chile S.A.	Línea de Congelados de Pescado	DIA	14-09-2005	31-12-2005	Construido
86	Foodcorp Chile S.A.	Modificación descarga de RIL limpio de Planta Congelados DescarilFood	DIA	27-11-2006	13-03-2007	Construido
30	Foodcorp S.A.	Cañería conductora de petróleo, FoodCorp S.A., Bahía Coronel, VIII Región	DIA	17-11-2009	30-07-2010	Construido
83	Forestal y Papelera Concepción S.A.	Modernización y Aumento de la Capacidad Productiva de la Planta FPC".	DIA	12-09-2012	13-02-2013	Construido
135	Fulghum Fibres Chile S.A.	Proyecto Modernización y Ampliación Planta Astillado Fulghum Fibres Chile S.A.	DIA	17-12-2014	12-06-2015	No se tiene información
91	Hidronor Chile S.A.	Optimización del sistema de extracción de gases en el vertedero de Coronel	DIA	05-10-2006	07-02-2007	No se tiene información
94	Ilustre Municipalidad de Coronel	Plan Regulador Comunal de Coronel	DIA	12-08-2009	21-09-2012	No se tiene información
165	Inmobiliaria e Inversiones Polykarpo S.A.	Transporte Terrestre de Residuos Industriales en la Octava Región	DIA	24-05-2006	15-12-2006	Construido
131	Inmobiliaria Petrohue S.A.	Proyecto Conjunto Habitacional Escuadrón	DIA	19-03-2010	28-12-2010	No se tiene información
132	Inmobiliaria Petrohue S.A	Proyecto Conjunto Habitacional La Peña Etapas I a VI	DIA	30-10-2009	30-07-2010	Construido
35	Invica	Conjunto Habitacional Santa María de Lagunillas	DIA	06-03-2009	14-08-2009	No se tiene información
123	Isogama Industria Química Limitada	Planta Isogama Chile	DIA	12-07-2013	31-01-2014	No se tiene información
124	Iti Chile S.A.	Planta preservante de madera contra hongos e insectos	DIA	07-12-2005	19-05-2006	Construido
31	Minera Melón S.A.	Centro de Elaboración y Distribución de Cemento	DIA	22-06-1998	31-08-1998	No se tiene información
15	Negocios Forestales S.A.	Ampliación Depósito Borras Asfálticas	EIA	07-09-1995	19-01-1996	No se tiene información

Id	Titular	Nombre	Tipo	Fecha presentación	Fecha calificación	Estado
61	Norwood S.A.	Instalación Caldera de Biomasa	DIA	21-04-2005	25-08-2005	No se tiene información
63	Orizon S.A.	Instalación Generadores de Energía Eléctrica, South Pacific Korp S.A. planta CORONEL NORTE.	DIA	17-02-2010	18-06-2010	Construido
100	Orizon S.A.	Planta de Congelados de Pescado SPK Coronel Sur	DIA	07-02-2006	21-10-2006	Construido
115	Orizon S.A.	Planta elaboradora de Conservas de Pescado y Sistema de Tratamiento integral de residuos líquidos South Pacific Korp S.A. Planta Coronel Sur	DIA	16-08-2005	20-12-2005	No se tiene información
139	Orizon S.A.	Regularización Ambiental Reconstrucción de Proyecto Consolidado en Orizon S.A.	DIA	12-01-2011	12-01-2012	Construido
156	Orizon S.A.	Sistema de tratamiento de residuos líquidos Sistema de Tratamiento de Residuos Líquidos	DIA	24-10-2005	04-02-2006	Construido
167	Orizon S.A.	Tratamiento y manejo integral de riles generados en planta Coronel Norte SPKNORCOR	DIA	08-08-2005	06-01-2006	Construido
12	Oxiquim S.A.	Ampliación de la producción de Resinas e instalación de unidades de apoyo	DIA	06-01-2015	07-07-2015	No se tiene información
13	Oxiquim S.A.	Ampliación de Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.	DIA	05-06-2012	21-02-2013	Construido
18	Oxiquim S.A.	Ampliación Planta Formalina, Resinas y Mezclas	DIA	15-02-2007	22-08-2007	Construido
141	Oxiquim S.A.	Regularización ampliación de planta de resinas	DIA	14-02-2006	02-06-2006	Construido
140	Pesquera Bahía Coronel S.A.	Regularización Ampliación de Planta Congelados	DIA	17-12-2009	08-10-2010	Construido
152	Pesquera Bahía Coronel S.A.	Sistema de disposición final de residuos industriales líquidos	DIA	21-01-2005	03-06-2005	Construido
42	Pesquera Grimar S.A.	Descarga Conjunta de Residuos Industriales Líquidos Descarga conjunta Grimar	DIA	08-11-2006	23-02-2007	Construido
52	Pesquera Grimar S.A.	Emisario Submarino para disposición de residuos industriales líquidos Pesquera Grimar S.A. Coronel, VIII Región	DIA	08-07-2005	16-01-2006	Construido
157	Pesquera Itata S.A.	Sistema de Tratamiento y Disposición de los Residuos Industriales Líquidos de Pesquera Itata S.A., Planta Coronel, VIII Región	DIA	13-02-2006	19-07-2006	Construido
60	Pesquera Miramar Ltda.	Incremento Velocidad de Procesamiento para la elaboración de harina y aceite de Pescado	DIA	16-11-2004	16-06-2005	Construido
119	Pesquera Miramar Ltda.	Planta Elaboradora de Harina, Conservas y Congelados de Pescado	DIA	02-05-2005	07-09-2005	Construido
46	Portuaria Cabo Froward S.A.	Dragado Sitio de Atraque Muelle Jureles	DIA	04-11-2008	08-01-2009	No Construido
37	Procesos y Servicios S.A.	Construcción de Emisario Submarino para la Descarga de Riles desde la Planta Refinadora de Aceites, Procesos y Servicios S.A.	DIA	03-11-2006	07-03-2007	Construido
56	Química del Sur y Compañía Limitada	Fábrica y Distribuidora de Productos Químicos	DIA	23-11-2012	19-04-2013	Construido
133	Resinas del Biobío S.A.	Proyecto de Ampliación Línea de Producción de Resinas Fenólicas	DIA	21-01-2004	17-04-2004	Construido
168	Sagesa S.A.	Turbina 47 MW Parque Industrial Coronel - (II presentación)	DIA	02-01-2004	13-03-2004	Construido

Id	Titular	Nombre	Tipo	Fecha presentación	Fecha calificación	Estado
21	Segundo Orlando Rojas Bozzo	Ampliación y Mejoramiento Planta de Tratamiento Industrial de Hidrocarburos Residuales para Producción de Combustible Alternativo	DIA	03-01-2007	01-06-2007	Construido
134	Segundo Orlando Rojas Bozzo	Proyecto de Integración Ambiental Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos de Agua con Hidrocarburos	DIA	12-10-2004	04-04-2005	Construido
122	SNF Chile S.A	Planta Industrial SNF-Chile S.A	DIA	20-03-2012	19-10-2012	No se tiene información
58	Sociedad Comercial de Insumos SOLCHEM Ltda.	Formulación de Productos Químicos, para Uso Industrial, Agrícola y Forestal	DIA	21-11-2003	17-04-2004	Construido
76	Sociedad FPC TISSUE S.A.	Máquina papelera NTT y Conversión de papeles texturados tissue de alta calidad	DIA	18-04-2013	27-11-2013	Construido
125	Sociedad Martínez y Lagos Ltda.	Planta Procesadora de Mariscos y Pescados	DIA	22-09-2008	23-07-2009	Construido
113	Sociedad Pesquera Fiordo Austral S.A.	Planta de Tratamiento de RILES	DIA	30-11-2005	29-03-2006	No se tiene información
50	Sociedad Pesquera Tubul Ltda.	Emisario Submarino de Planta Procesadora de Moluscos en Conserva	DIA	22-04-2002	15-07-2002	No se tiene información
160	Solvay Peróxidos de Los Andes Industrial y Comercial Ltda.	Terminal de Estanques de Peróxido de Hidrógeno	DIA	31-07-2007	18-03-2008	Construido
158	Transnet S.A.	Subestación Seccionadora 66 kV El Manco y Arranque 2x66 kV a Subestación Seccionadora El Manco.	DIA	28-07-2008	12-12-2008	Construido
137	Transportes Molina y Compañía Limitada	Proyecto Transporte Sustancias Peligrosas	DIA	08-02-2007	25-08-2007	Construido

Fuente: Elaboración propia en base a información disponible en www.sea.gob.cl.

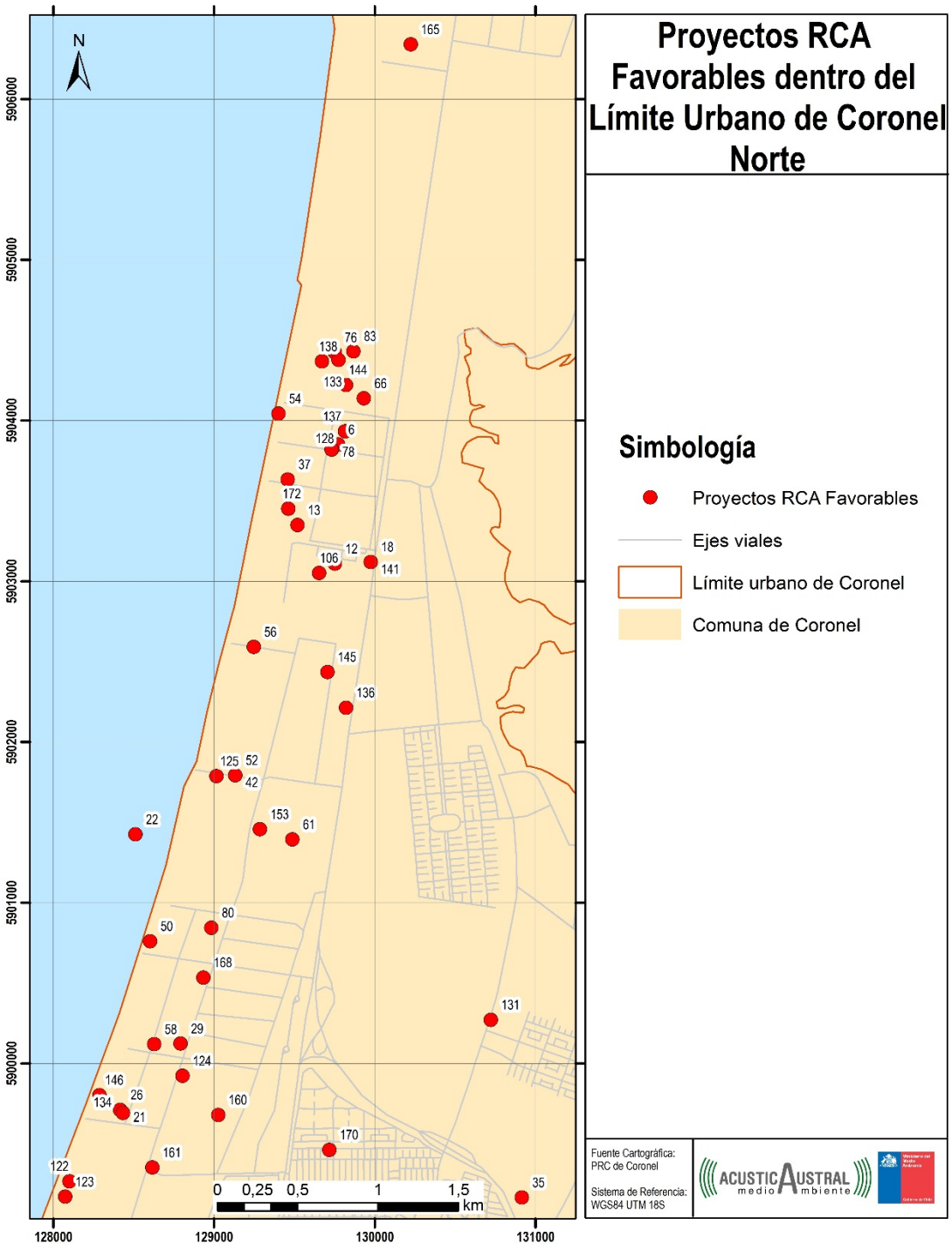


Figura 37: Distribución espacial de proyectos con RCA favorable emplazados en la Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

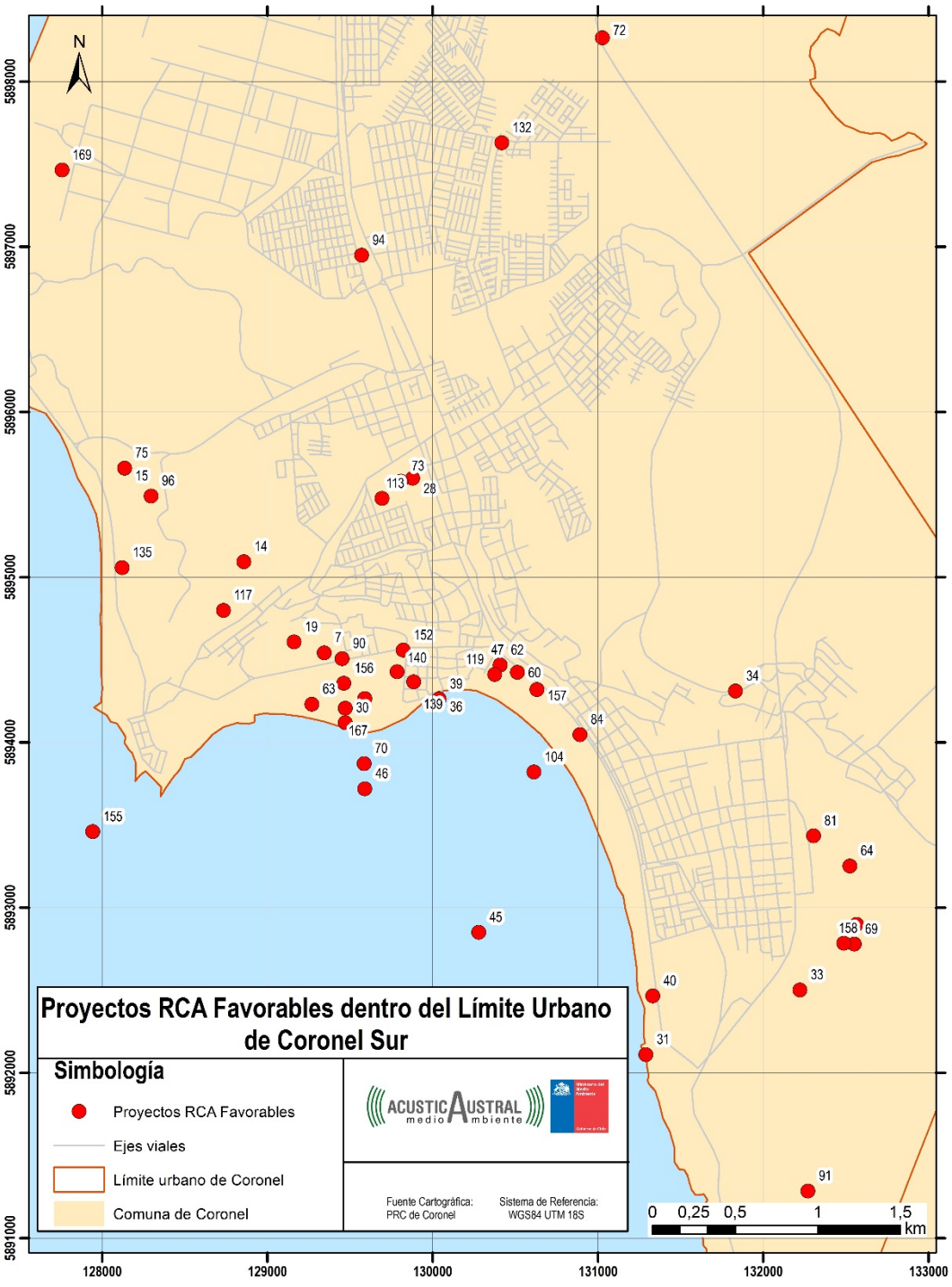


Figura 38: Distribución espacial de proyectos con RCA favorable emplazados en la Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Denuncias por ruidos

La ciudadanía acostumbra a realizar denuncias por ruidos molestos en la Municipalidad debido, principalmente, a que Coronel cuenta con una Ordenanza sobre ruidos molestos (Ordenanza N°12/83), la cual regula, mayormente fuentes de ruido de carácter conductual, correspondiente a vecinos (por ejemplo, fiestas particulares, música a alto volumen), animales domésticos, instrumentos musicales; eventos o fiestas, ferias libres, pregón de mercadería, propaganda sonora y/o difusión callejera, alarmas (casas o automóviles) o señalética auditiva de emergencia, entre otras. Solamente se trata de buenas prácticas y prohibiciones conductuales que son difíciles de fiscalizar, toda vez que no establecen valores límites de exposición, dejando toda la responsabilidad en el criterio del fiscalizador. En la Ordenanza se indica que la fiscalización y control de las normas y prohibiciones contempladas, pueden ser efectuadas por Carabineros y por distintos departamentos de la Municipalidad (Dptos. de Inspección, Obras Municipales y Finanzas), en su calidad de ministros de fe.

Cabe destacar, que las denuncias también pueden ser formalizadas ante Carabineros de Chile, quienes procederán de acuerdo a sus atribuciones relativas a mantener el orden a nivel local.

Otro organismo del Estado donde frecuentemente la comunidad realiza denuncias por ruido es la Seremi de Salud Regional. Este organismo era el encargado de la fiscalización de la Norma de ruidos molestos generados por fuentes fijas, D.S. N° 146/1997 del MINSEGPRES, actualmente derogada por el D.S. N° 38/2011 del MMA, cuya fiscalización depende actualmente y exclusivamente de la Superintendencia del Medio Ambiente, SMA.

Para llevar a cabo dichas funciones, la SMA puede 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 (por ejemplo Seremi Salud), 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 (ETFA).

En este estudio, las denuncias de ruido que fueron analizadas, corresponden al listado entregado por la Seremi de Salud de la región del Biobío. Esto, debido a que si bien, las denuncias también son realizadas por la comunidad a otras entidades (Carabineros, Municipalidad, etc.), como se expuso anteriormente, estos servicios no llevan un registro de recepción de denuncias.

El catastro entregado por la SEREMI de Salud regional data del período comprendido entre los años 2012 y 2014. En la tabla 22 a continuación, se muestra un resumen de las denuncias realizadas por la comunidad, por fuente emisora de ruido para el periodo señalado. En ella, se puede apreciar un mayor porcentaje de denuncias para la fuente emisora de ruido correspondiente a la Central Termoeléctrica Bocamina, perteneciente a la empresa ENDESA y la Central Termoeléctrica Santa María, propiedad de Colbún, Puerto Coronel y las Astilladoras en el sector de Puchoco, todas ellas ubicadas en la zona Sur de la comuna. Las figuras 39, 40 y 41 a continuación, representan la distribución espacial de dichas denuncias. Mayor detalle se esta información se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 22: Tabla denuncias por ruido, periodo 2012-2014, comuna de Coronel.

Tema	Titular Fuente Denunciada	Número de denuncias	Sector
Taller-Maestranza	Juan Ibáñez	1	Coronel Norte
Taller Maestranza de estructuras metálicas	No se identifica	1	Coronel Sur
Termoeléctrica	ENDESA	7	Coronel Sur
Fábrica de panderetas t astillas	Juan Carlos Ponce	1	Coronel Norte
Panadería	Marcelo Contreras Vega	1	Coronel Sur
Chipeadora	Cabo Froward	4	Coronel Sur
Carnicería	Carnes rojas	1	No se identifica dirección
Local comercial	Comercial Shamma	1	Coronel Sur
Empresa de Chip	Forestal Coala Industrial	1	Coronel Sur
Ruido Astillas	No se identifica	1	Coronel Norte
Restaurant-Pub-Discoteca	Zona de Pubs	1	Coronel Norte
Iglesia evangélica	No se identifica	1	Coronel Norte
Termoeléctrica	Colbún S.A.	5	Coronel Sur
Ruta 160	Acciona	2	Coronel Sur
Ruido industrias	Puerto Coronel S.A.	2	Coronel Sur
Camiones	ESSBIO	1	Coronel Norte
Ruido Astilladora	No se identifica	1	Coronel Sur

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Seremi Salud Biobío.

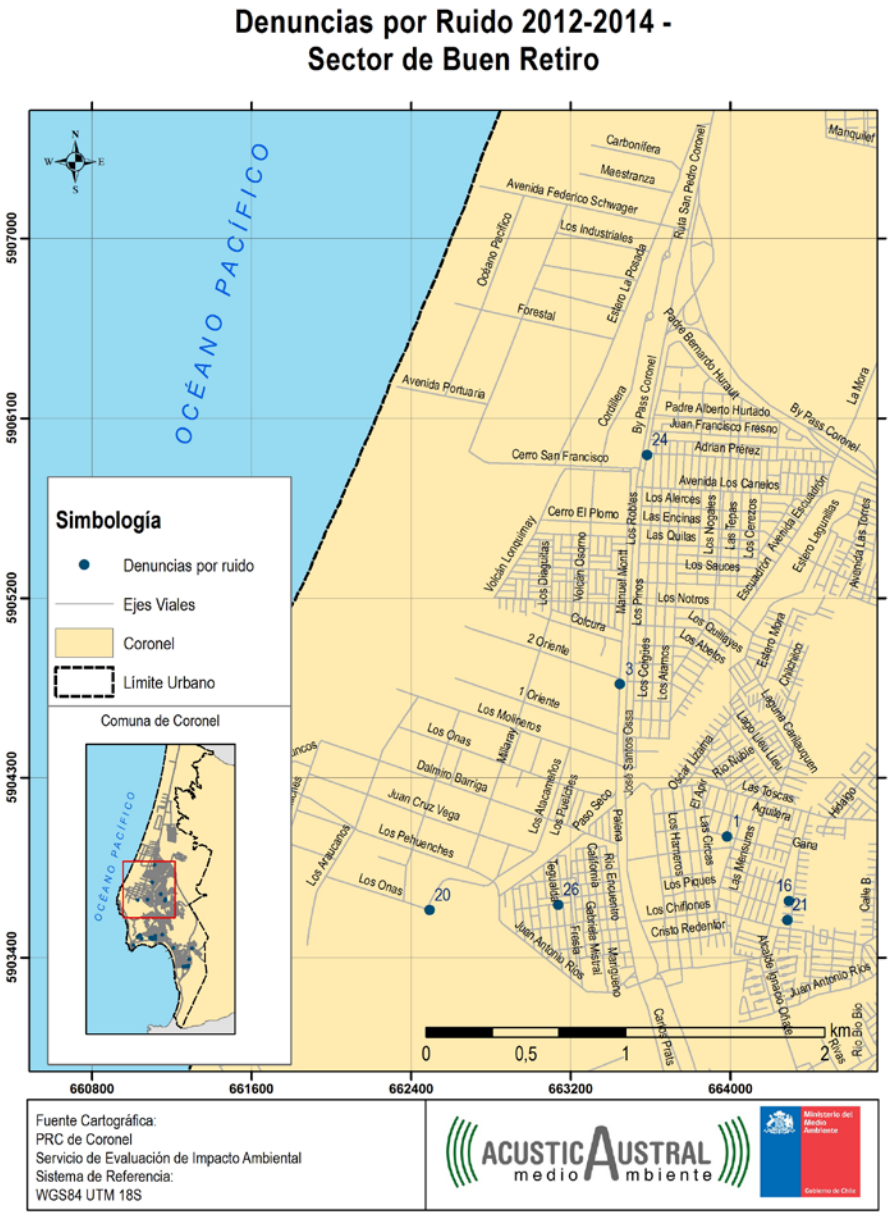


Figura 39: Distribución espacial de denuncias por ruido en el sector de Buen Retiro, Coronel Norte. Fuente: Elaboración propia.



Figura 40: Distribución espacial de denuncias sectores de Corcovado y Municipalidad, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia.

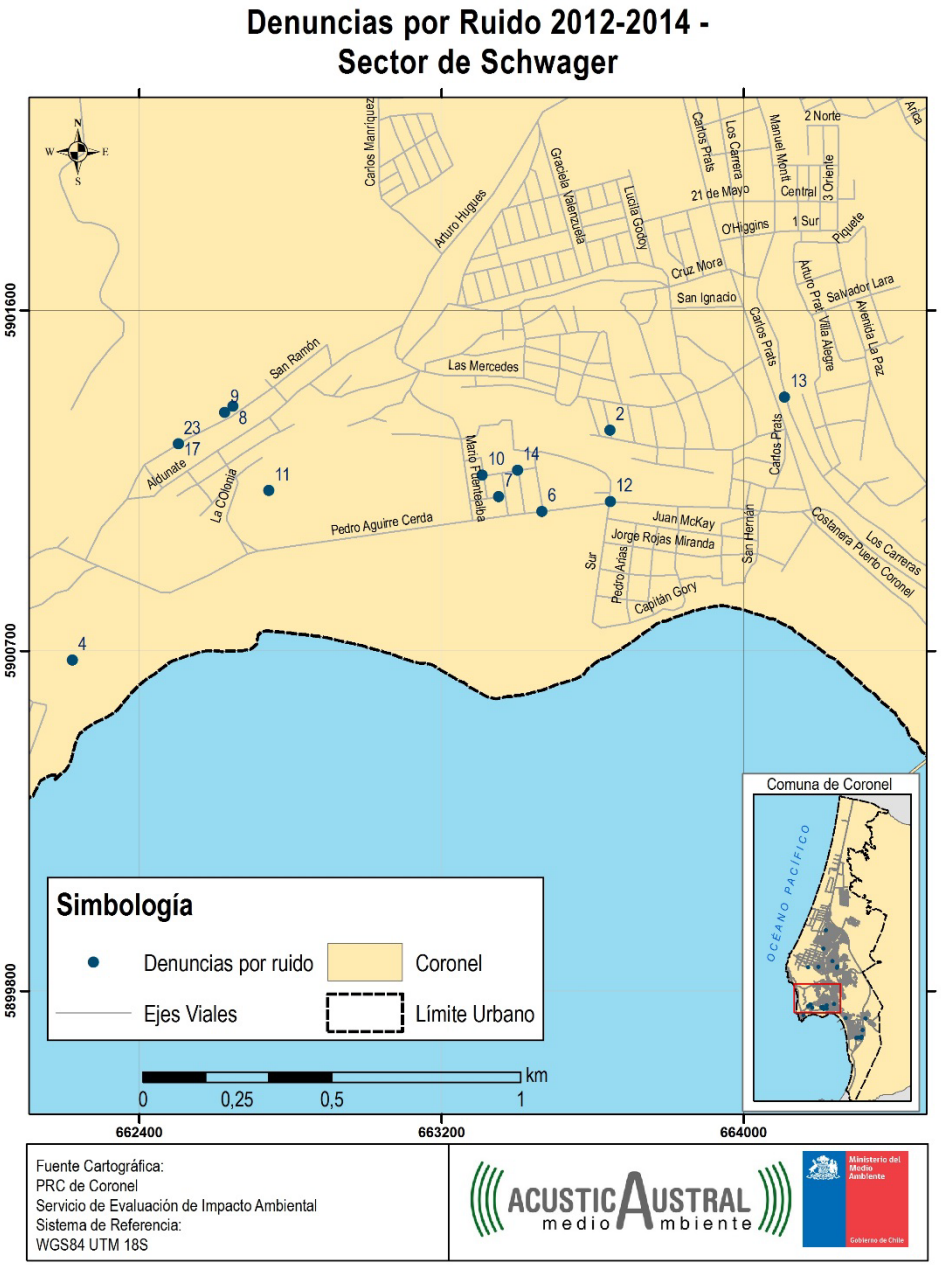


Figura 41: Distribución espacial de denuncias sector de Schwager, Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Fiscalizaciones por ruidos

Esta actividad busca obtener información referida a las fiscalizaciones realizadas en el marco del D.S. N° 38/2011 MMA – Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica (fuentes fijas) por parte de la SMA, Seremi de Salud de la región del Biobío y el Municipio.

La Seremi de Salud de la Región del Biobío ha realizado 4 Sumarios Sanitarios, entre los años 2012-2013, efectuados bajo la entonces vigente, Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas – D. S. N°146/1997 MINSEGPRES, los cuales finalizaron con diversas sanciones para todas ellas.

Desde que entró en operación la SMA a la fecha del estudio, solo se ha llevado a cabo una actividad de fiscalización, de la cual se extractan las materias verificadas concernientes a ruido, las que se detallan a continuación:

- Proceso de fiscalización Central Térmica Bocamina (DFZ-2013-34-VIII-RCA-IA[13])

El documento analizado (informe de fiscalización ambiental) da cuenta de las actividades de fiscalización ambiental realizada a los proyectos Ampliación Central Termoeléctrica Bocamina Segunda Unidad (RCA N° 206/2007), Ampliación Subestación Bocamina (RCA N° 59/2009) y Ampliación Vertedero Central Termoeléctrica Bocamina (RCA N° 17/2010) aprobados ambientalmente por la Comisión Regional del Medio Ambiente del Biobío, mediante Resoluciones de Calificación Ambiental, todos de la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA).
En él se realiza, por una parte, una inspección y constatación visual a las medidas comprometidas mediante RCA N° 206/2007, las cuales se señalan a continuación:

1. *"Por otra parte, la casa de máquinas contará con un aislamiento acústico de un TL2 de al menos 30 dB(A)." (3.3. Pág. 79).*
2. *Para reducir las emisiones de ruido que generarán los ventiladores de tiro forzado y de tiro inducido se instalarán cabinas para motores de ventiladores y silenciadores tipo Splitter para la admisión y escape de aire. Esta solución proporcionará una atenuación acústica de a lo menos 20 dB." (3.3 Pág. 9).*
3. *"Se contempla en esta obra, como medida de atenuación de ruido una barrera acústica a la planta de tratamiento de agua de 3 metros de altura. Esta solución generará atenuaciones de cerca de 10 dB." (3.3. Pág. 12).*
4. *"Barrera acústica perimetral en lados poniente, norte y oriente de cinco metros de altura. La materialidad de este medianero, puede ser en cualquier panel con una masa superficial de 11 kg/m2, por ejemplo, de esto es una plancha de acero carbono de 1,5 mm de espesor". (3.3. Pág. 16).*

Por otro lado, posterior a la visita de inspección a la C.T. Bocamina, personal de la SMA realizó mediciones de ruido en 2 puntos cercanos a la C.T. Bocamina durante el periodo nocturno, específicamente entre las 21:00 y 23:00 hrs., a fin de constatar el cumplimiento del D.S. N° 146/1997 del MINSEGPRES, actualmente derogado por el D.S. N° 38/2011 del MMA. Los resultados de las mediciones fueron: Punto 1: 60,5 dBA y Punto 2: 60,6 dBA. El análisis de los resultados dio cuenta que ambos puntos se encontraban sobre el límite máximo establecido por la Norma derogada para la zona de emplazamiento de los receptores evaluados, correspondiente a zona II, cuyo Nivel Máximo Permisible (NMP) asociado era 50 dBA. Si bien, el PRC de Coronel no ha cambiado desde la fecha de la fiscalización (marzo 2013), la zona II definida en la Norma vigente D.S. N° 38/2011 del MMA ha modificado su NMP para el periodo nocturno, estableciendo un valor límite de 45 dBA, y por lo tanto 5 dB más restrictivo.

Esta situación fue contrastada (evaluada) con mediciones realizadas en el presente estudio, las cuales se señalan en el ítem 5.1.2, tabla 35. Para mayores detalles revisar los siguientes links:

Expediente de fiscalización:

http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/Fiscalizacion/VerExpediente?expediente=DFZ-2013-34-VIII-RCA-IA

Expediente de sanción:

http://snifa.sma.gob.cl/RegistroPublico/ProcesoSancion/VerExpediente?expediente=D-015-2013

[13] N° Expediente Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA)

3.2 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a la Percepción de la Comunidad

Se realizó un Proceso de Consulta y Participación Ciudadana (PAC) a través del equipo asesor Systemic Ltda., el cual complementó el presente estudio. Este proceso permitió conocer la opinión de los actores relevantes en la temática ambiental sobre las fuentes de emisión de ruido y sus características.

Para llevar a cabo dicho proceso se recolectó información de actores relevantes de la comunidad, que permitió generar la base de datos de la convocatoria a los talleres, planificación, preparación y ejecución de tres talleres, los cuales se detallan en la tabla 23, y sistematización y análisis de los resultados obtenidos en los talleres.

Tabla 23: Talleres primera etapa proceso de consulta y participación ciudadana

	Taller 1	Taller 2	Taller 3
Fecha	20 Agosto de 2015	21 Agosto de 2015	21 Agosto de 2015
Horario	17:30 a 19:30	11:00 a 13:00	18:00 a 20:00
Lugar	Auditórium DIDECO	Colegio profesores	Colegio Profesores
Nº de participantes	16	22	10
Grupos de trabajo	3	3	2

Fuente: Elaborado por Systemic en base a la información obtenida.

En la primera fase se realizó una revisión de documentos, informes, y webs organizacionales e institucionales confeccionando una planilla con los actores claves a participar en los talleres.

En la segunda fase, la convocatoria se realizó en conjunto entre la contraparte técnica y el equipo de consultores. El MMA envió la invitación por correo electrónico y Systemic realizó la convocatoria a través de llamadas telefónicas a todas las personas y entidades que no contaban con correo electrónico. Además de ello, se tomó contacto telefónico con todos los invitados para confirmar su participación.

Además, se realizaron 3 talleres de consulta y participación ciudadana, la principal técnica utilizada fue el mapeo participativo con la cual se identificaron y caracterizaron las fuentes de emisión de ruido de la ciudad de Coronel en unos mapas prediseñados.

Los grupos de trabajo conformados fueron 8 de entre 4 y 7 personas cada uno, sumando un total de 40 participantes, los cuales representaron a organizaciones como juntas de vecinos, agrupaciones, asociaciones gremiales, sindicatos y empresas privadas.

Cada grupo identificó en el mapa las fuentes de emisión de ruidos, luego según una pauta de descripción por medio de símbolos, identificaron sus características, incluyendo el tipo de fuente, el horario en el cual se producen los ruidos, duración, frecuencia, permanencia, nivel y tiempo desde que se emiten los ruidos.

Se identificaron 65 fuentes de emisión en los 8 mapas participativos confeccionados. Las fuentes de emisión mayormente mencionadas fueron la Chipeadora identificada en los 8 mapas, seguida de las termoeléctricas Endesa y Colbún en 7 mapas y del Puerto de Coronel en 6 mapas.

Una vez realizado el mapa entre todos los integrantes del grupo, se realizó una priorización de las fuentes de emisión de ruido de forma individual, en esta actividad se identificaron un total de 37 fuentes de ruido priorizadas por las personas participantes en los talleres, las fuentes que obtuvieron más menciones, fueron el Puerto de Coronel con 20 personas que lo priorizaron, la Ruta 160 con 19 personas que la priorizaron y las termoeléctricas en general con 12 menciones, la termoeléctrica Bocamina de Endesa con 8 menciones y la termoeléctrica de Colbún con 7 menciones, con un total de 27 personas que mencionaron las

termoeléctricas como fuentes de emisión de ruido prioritarias. Respecto a los efectos en la vida de las personas que tienen las fuentes de emisión priorizadas individualmente, los participantes identifican que los afecta principalmente en el sueño, en efectos sicológicos, a la salud en general y en su vida cotidiana.

Posteriormente se realizó una priorización de manera grupal, en la cual las fuentes identificadas con prioridad N°1 son el Puerto de Coronel con 3 grupos que la mencionaron, las pesqueras con 2 menciones, la Termoeléctrica de Endesa, la Cementera Polpaico, la Línea de Ferrocarril y la Ruta 160 con una mención por cada fuente. Con prioridad N°2 se identificaron 9 fuentes, de las cuales la Chipeadora fue mencionada en 2 grupos y el resto de las fuentes fue indicado por 1 grupo entre las que se encuentra el Puerto de Coronel, la Termoeléctrica de Endesa, las Pesqueras, la Termoeléctrica de Colbún, la Ruta a la Canteras, el sector Puchoco y el Centro Comercial. Respecto a la prioridad N°3 se identificaron 4 fuentes, la Termoeléctrica Endesa, la Termoeléctrica Colbún, la Ruta 160 cada una de estas con 3 grupos que las mencionaron. El tráfico de buses y vehículos particulares con 1 mención.

Al finalizar los talleres se realizó una evaluación de las actividades realizadas, en general las respuestas fueron positivas ya que, la totalidad de las actividades están sobre un 62,5% de aprobación considerándolas como “muy buenas” y “buenas”.

A partir de toda la información recopilada en los talleres, se sistematizó y elaboró un informe en el cual corresponde al Anexo Nº 11.

3.2.1 Análisis del Ruido por Situaciones Puntuales

Existen algunas fuentes de ruido que fueron mencionadas por la comunidad, pero no lograron ser medidas, debido a que no ocurrieron durante las visitas realizadas a las instalaciones del Puerto de Coronel, como es el caso de los contenedores del Puerto. Ante ello, se procede a analizar esta situación a continuación.

3.2.1.1. Movimiento de contenedores en Puerto de Coronel

Actividades identificadas por la comunidad al interior del puerto incluye el movimiento de grúas horquillas, grúas móviles tipo reach stacker, alarmas de retroceso, el tránsito de camiones tanto al interior como al exterior del puerto y el manejo de contenedores. Esta última actividad genera altos niveles de presión sonora, especialmente cuando los contenedores son soltados al piso. El ruido generado es de carácter impulsivo, es decir es generado durante períodos de tiempo muy cortos. Dado que no es factible modificar los contenedores en sí, medidas de control para reducir la emisión sonora deberán apuntar a modificar las condiciones de operación de esta maniobra; entre ellas.

Implementación de políticas

Políticas de operación silenciosa: Se recomienda implementar políticas de operación silenciosa a nivel global del puerto que podría incluir monitoreo continuo de la operación al interior del recinto, análisis de las labores más ruidosas y aplicación de medidas de control de ruido sobre aquellas faenas. Entre las políticas a evaluar incluiría:

a) Evitar trabajos de movimiento dentro del puerto durante la jornada nocturna. Permitir actividades al costado del mar, pero suprimir las labores en puerto durante la noche.

b) Implementar durante el periodo nocturno, políticas de “manejo sigiloso de carga“, es decir manejo de las operaciones de carga a menores velocidades, implica menor ruido de motores y ruido generado por los neumáticos de los vehículos que efectúan la maniobra.

c) Reducir de la velocidad de almacenado del contenedor. Al reducir la velocidad con que se deposita el contenedor, ya sea sobre el piso y/o sobre otros elementos, reduce la fuerza de impacto del

contenedor, lo que se traduce directamente en una reducción de ruido de impacto, generado por esa maniobra.

d) Sistema de alerta de niveles de ruido: Alternativamente se recomienda instalar sistemas visuales de alerta de los niveles de ruido en zonas de trabajo, con el fin de mostrar gráficamente a los trabajadores de los niveles de presión sonora emitidos. Charlas de capacitación: Efectuar charlas de capacitación y aprendizaje del manejo de faenas y la generación y daños del ruido.

e) Charlas de capacitación: Efectuar charlas de capacitación y aprendizaje del manejo de faenas y la generación y daños del ruido.

3.3 Diagnóstico del Ruido Ambiental en Base a Mediciones

Para tener un diagnóstico certero respecto del ruido ambiental presente en la comuna de Coronel, se realizaron distintos tipos de medidas, ya sea mediciones continuas y discretas para caracterizar la emisión de las fuentes de ruido presentes, ya sea fijas o móviles, dentro del radio urbano de la ciudad.

3.3.1 Mediciones Continuas

De acuerdo al procedimiento detallado en el ítem 2.3.1 se llevaron a cabo mediciones de tipo continuas entre los meses de septiembre y octubre de 2015, las cuales fueron instaladas para conocer el perfil de ruido de un sector o de una fuente de ruido en particular, mediciones que arrojaron los resultados que se detallan a continuación.

Estación E1 – Parque Industrial Coronel

En el caso del sector parque industrial Coronel (Estación E1) los niveles de ruido se mantienen en torno a los 60 dBA, bajando a niveles en torno a los 55 dBA en horario nocturno. Como se puede ver en la figura 42 a continuación, existen una serie de aumentos de nivel por cortos períodos de tiempo en los cuales los niveles se acercan a los 80 dBA. Estos aumentos de nivel no siguen un patrón estable en cuanto a horario, por lo cual es difícil establecer con precisión a que fuente de ruido corresponderían, sin embargo, es probable que esté relacionado con el transporte desde y hacia alguna planta industrial cercana.

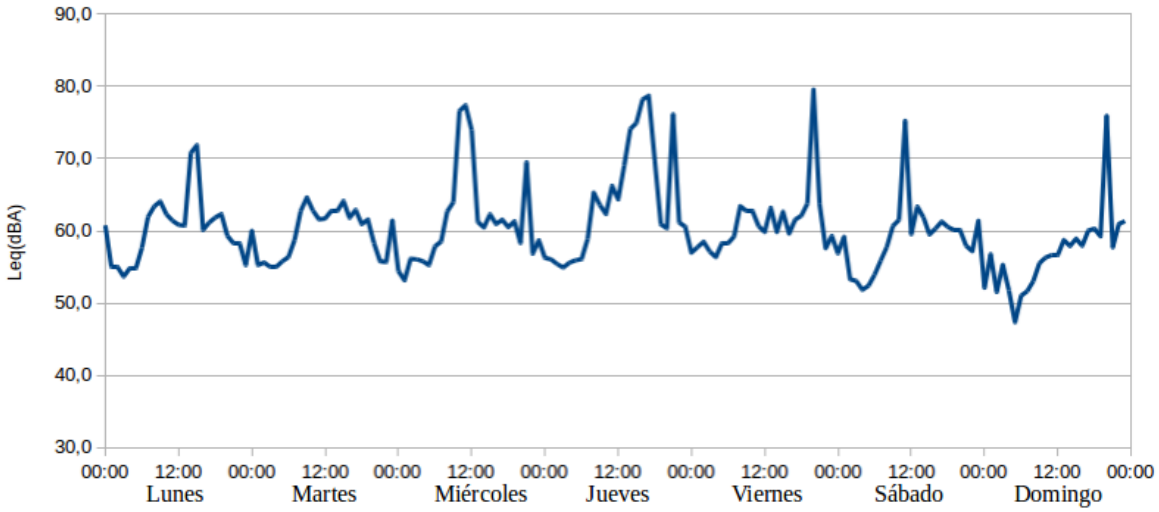


Figura 42: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E1 (Parque Industrial Coronel). Fuente: Elaboración propia.

Estación E2 - Vía colectora acceso sector Schwager

En el caso de la estación de monitoreo ubicada en la vía colectora (Héroes de la Concepción) de acceso al sector Schwager (estación E2), el perfil sigue un patrón muy estable, con niveles diurnos en torno a los 65 dBA y disminuciones de aproximadamente 10 dBA durante la noche. Estos niveles corresponden fundamentalmente al tráfico de camiones desde y hacia las plantas astilladoras ubicadas en el sector.

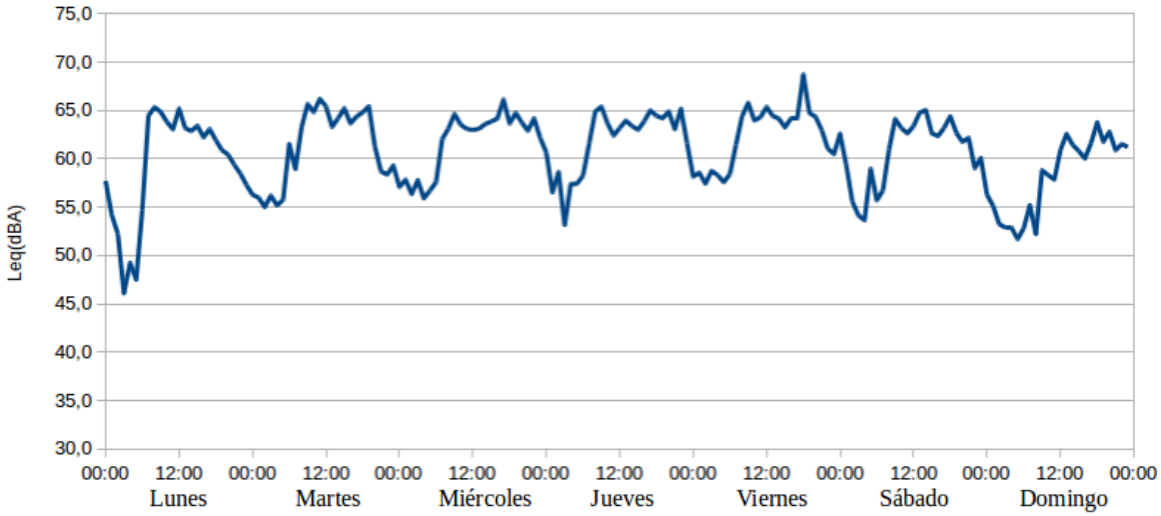


Figura 43: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E2 (Acceso sector Schwager). Fuente: Elaboración propia.

Estación E3 – Central Termoeléctrica Bocamina

A continuación en la figura 44, se muestra el perfil semanal obtenido para la estación de monitoreo ubicada en las cercanías de la central termoeléctrica Bocamina (estación E3), específicamente en la ladera norte del cerro (sobre). Es posible observar que los niveles se mantienen fundamentalmente en torno a los 55 dBA. Sin embargo, se aprecian aumentos de niveles alcanzando los 70 dBA, probablemente debidos a venteos. Se observa que en general estos niveles más altos no ocurren en horario nocturno.

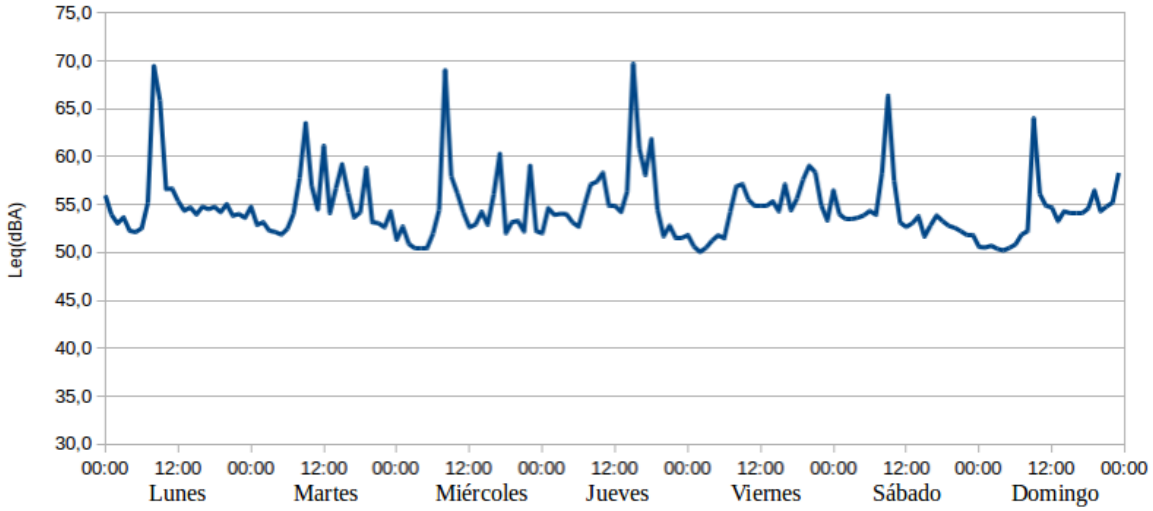


Figura 44: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E3 (Central Bocamina). Fuente: Elaboración propia.

Estación E4 - Correa Transportadora Chip Cabo Froward

En la Figura 45 se presenta el perfil semanal obtenido para la estación de monitoreo ubicada cerca de la correa transportadora de chip hacia Cabo Froward (estación E4). Se observa con mucha estabilidad un nivel entorno a los 65 dBA. En algunos intervalos de tiempo se aprecia una disminución importante del nivel, lo cual está asociado a momentos de detención de la correa. Cabe destacar que se tuvo la precaución de instalar la estación de monitoreo en una semana de funcionamiento normal de la correa transportadora.

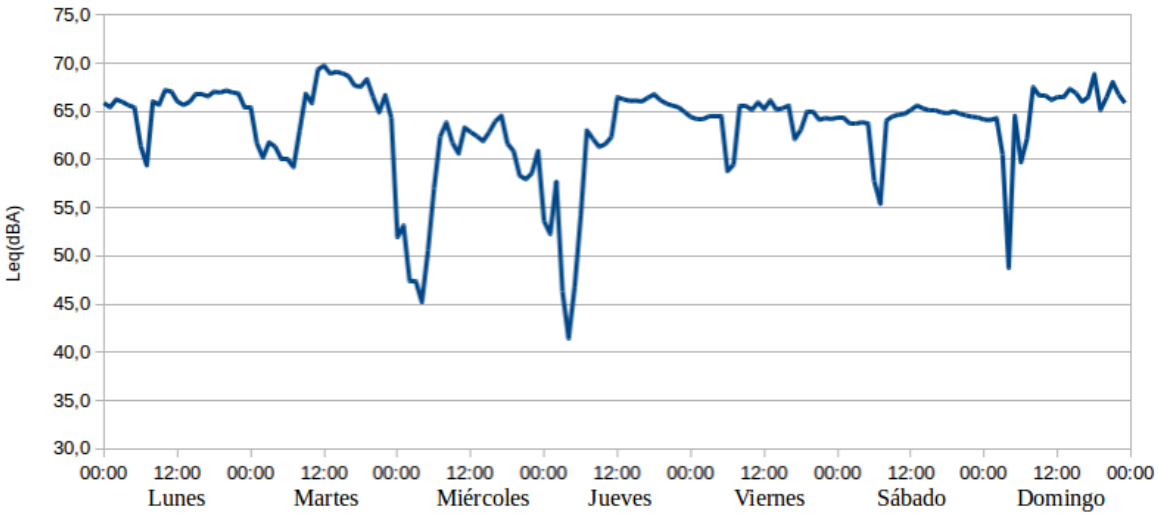


Figura 45: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E4 (Correa Transportadora Chip Cabo Froward). Fuente: Elaboración propia.

Estación E5 - Puerto Coronel (interior)

En el caso del puerto, figura 46, se ubicó una estación de monitoreo al interior del recinto, específicamente dentro de bodega 5. Como se observa, no existe en este caso un patrón regular de variación de niveles, oscilando entre 60 y 80 dBA, con variaciones dependientes del tipo e intensidad de la actividad realizada al interior del puerto en el período de medición.

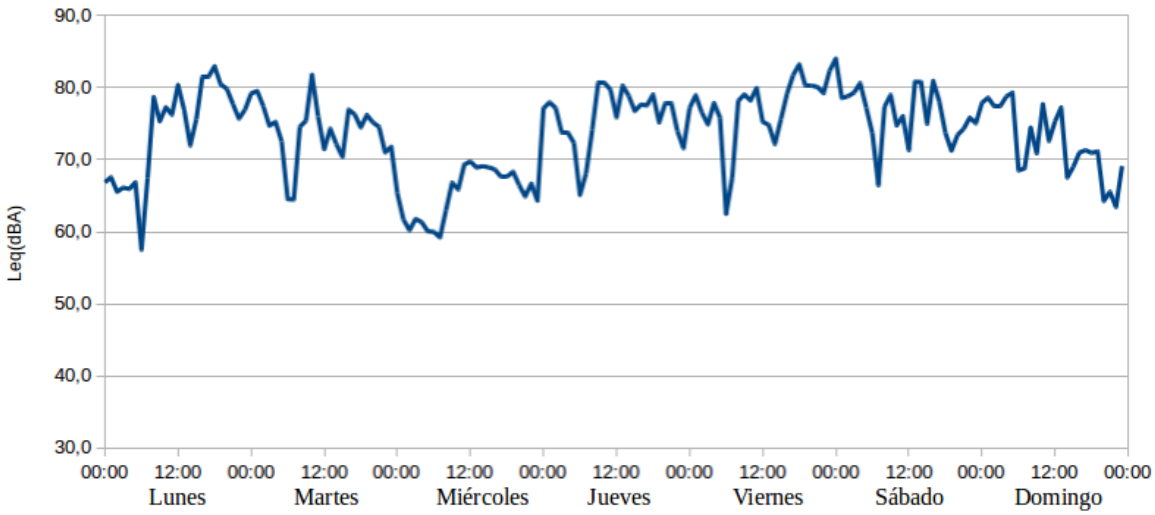


Figura 46: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E5 (Interior Puerto Coronel). Fuente: Elaboración propia.

Estación E6 - By-Pass Ruta 160

El perfil semanal para el caso de la autopista (estación E6, By-Pass Ruta 160), figura 47, se obtiene un comportamiento más regular con niveles diurnos que oscilan principalmente entre 60 y 70 dBA y niveles nocturnos entre 50 y 55 dBA.

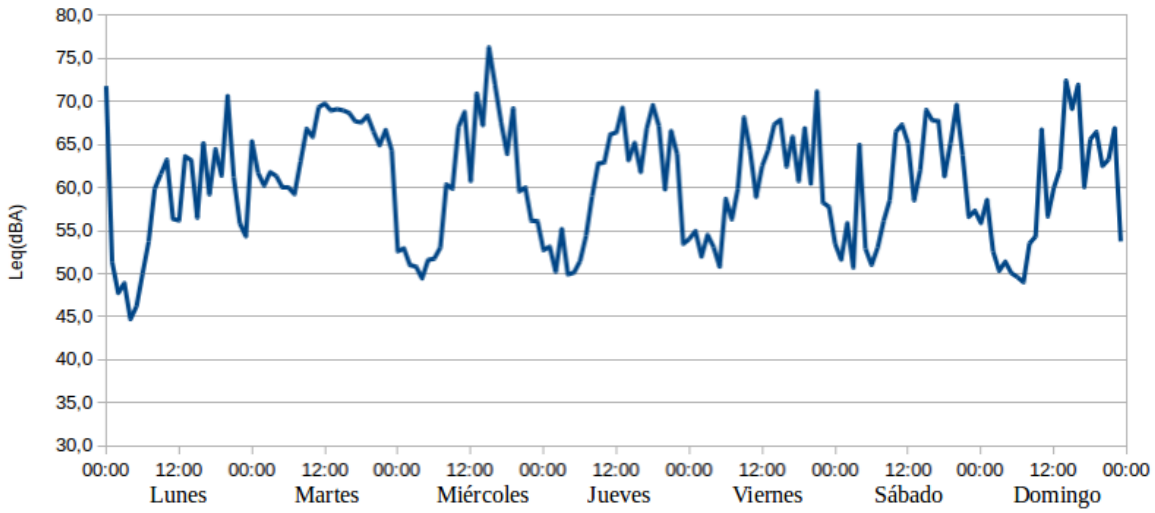


Figura 47: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E6 (By-Pass Ruta 160). Fuente: Elaboración propia.

Estación E7 – Astilladora y Puerto de Coronel sector El Manco

Finalmente, se incluye el resultado obtenido para la estación de monitoreo ubicada en el sector de cerro Corcovado, situada con orientación norte sobre el fundo el Manco (Puerto Seco), distante de la central Santa María y cercana a astilladora. La estación se ubicaba más cercana a la astilladora, por lo cual es esperable un cierto grado de variaciones de nivel debido a los momentos de detención del proceso. En este caso, es posible observar con claridad una disminución de los niveles el día domingo donde los niveles se mantienen aproximadamente entre los 45 y 50 dBA debido a la detención de los procesos de la astilladora, como se observa en la figura 48.

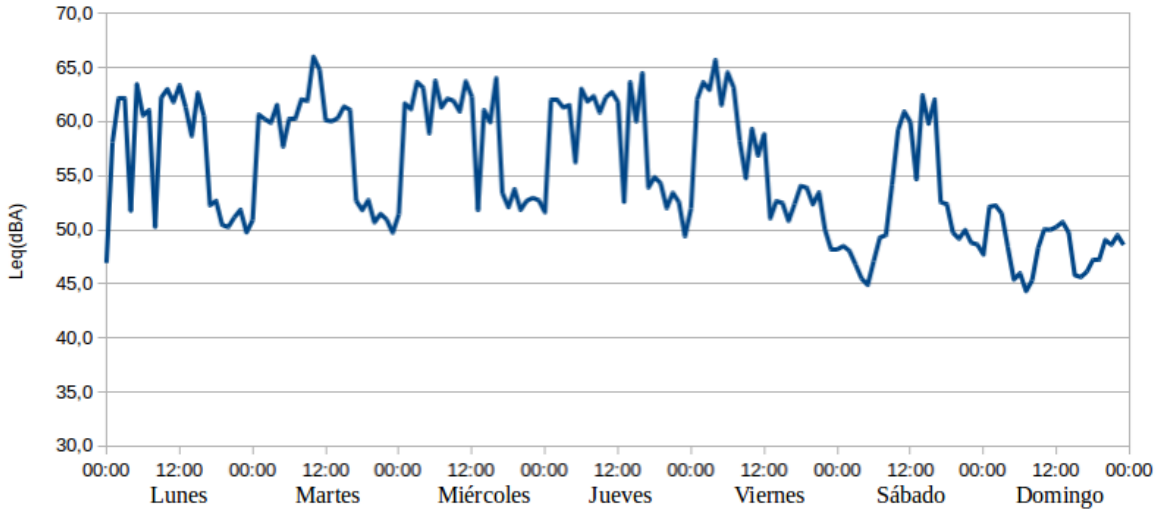


Figura 48: Perfil semanal de los niveles de ruido (niveles de presión sonora continuo equivalente de una hora) para la estación de monitoreo indicada como E7 (Astilladora, Puerto de Coronel). Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Mediciones Discretas

La metodología utilizada para las mediciones ambientales en el radio urbano de Coronel, se basan en la Norma técnica ISO 1996 [ISO 1987], la cual señala entre otras consideraciones, que el sonómetro debe posicionarse a 1,5 metros de altura y a 3,5 metros de cualquier superficie reflectante distinta del suelo. Además, las mediciones se realizaron bajo condiciones meteorológicas estables, lo que implica cielos sin la presencia de chubascos y ausencia de vientos con velocidad superiores a 5 m/s en ambos periodos horarios.

3.2.1.2. Mediciones actividad industrial

A continuación, se proceden a entregar los valores medidos separados en Zona Norte y Sur. Las mediciones se realizaron mediante instrumental convencional y avanzado, logrando en algunos casos que dichas registros fueran en el lugar donde se encuentra el receptor, pudiendo posteriormente realizar la evaluación mediante tales mediciones. En los casos, donde no se pudo realizar la medición, según los procedimientos y criterios indicados en el D.S. N°38/2011 del MMA permitieron establecer una potencia acústica estimada para las fuentes de ruido para la posterior evaluación.

Zona Norte

Para la zona Norte, la cual concentra los parques industriales de la comuna, se realizaron 68 mediciones de nivel de presión sonora para el periodo diurno y nocturno. De las 68 mediciones realizadas para el periodo

nocturno, 6 de ellas caracterizaron el ruido de fondo, debido a la detención de las empresas vecinas de esos puntos en particular.

Es preciso destacar que en la zona Norte de Coronel, específicamente en los parques industriales (Escuadrón I y II, y Parque Industrial Coronel), se identifican sólo las fuentes emisoras más relevantes (con mayor emisión acústica registrado mediante instrumental convencional) de ruido, debido, a la inexistencia en esas zonas de un uso de suelo permitido de carácter habitacional. Además, de la inexistencia de denuncias por parte de la comunidad para esas zonas.

A continuación se procede a mostrar los resultados de la campaña de mediciones mediante datos tabulados para el sector de Coronel Norte separados por periodo horario.

Tabla 24: Resultados campaña de medición actividad industrial periodo diurno, Zona Norte de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC (dBA)	Fuente
	Este (m)	Norte (m)				
P01	664555	5912582	15-09-2015	10:50	67	Planta Áridos Lleu Lleu (Camiones)
P02	5912582	5912670	15-09-2015	11:20	58	Polykarpo (Camiones)
P03	664864	5912638	15-09-2015	11:00	62	Hormigones Grau (Mesas Vibratoria)
P04	664231	5910539	15-09-2015	11:40	60	Termoeléctrica Enesa
P05	664005	5910583	15-09-2015	11:50	55	Resinas Biobío (bombas) y Enesa
P06	664112	5910415	15-09-2015	12:10	54	Metalmecánica (Esmeril Angular)
P07	664263	5910271	15-09-2015	12:20	60	Coinfa (Fundición)
P08	663986	5910315	15-09-2015	12:30	56	Planta Arenado
P09	663894	5910095	15-09-2015	12:40	58	Prosesa (Refinadora de Aceite)
P10	664230	5910020	15-09-2015	12:55	54	Galvanizadora GalvaOcho (Grúas Horquilla)
P11	663989	5909922	15-09-2015	13:05	52	Metalmecánica Prosein
P12	663931	5909751	15-09-2015	13:16	55	Oxiquim (Bombas, motores eléctricos, reactores, Torres de Enfriamiento, Venteo de Vapor)
P13	664066	5909714	15-09-2015	13:25	70	Oxiquim (Torres Enfriamiento)
P14	663814	5909114	15-09-2015	14:39	59	Remanufactura de Madera moldureras)
P15	663695	5909085	15-09-2015	14:59	82	Noramco (Astillador)
P16	663607	5909191	15-09-2015	14:05	64	Noramco (Ciclones Silo de Aserrín)
P17	663780	5909005	15-09-2015	15:05	63	Molino de Carozos
P18	664054	5909050	15-09-2015	14:25	66	Cargador Frontal, Camiones
P19	663671	5908881	15-09-2015	15:15	52	Arenado
P20	663971	5908662	15-09-2015	14:18	53	Empacadora San Juan (Extractores Aéreos)
P21	663600	5908449	15-09-2015	15:30	64	Ewos (Venteo Vapor)
P22	663766	5908267	15-09-2015	15:45	61	Ewos
P23	663922	5908373	15-09-2015	14:05	64	Ewos
P24	663504	5908298	15-09-2015	16:00	73	Pesquera Grimar (Torres Enfriamiento)
P25	663362	5907920	15-09-2015	16:10	69	Pesquera Food Corp (Sala Compresores y torres Enfriamiento)
P26	663416	5907831	15-09-2015	16:20	66	Pesquera Food Corp (Área Despacho

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC (dBA)	Fuente
	Este (m)	Norte (m)				
						Camiones)
P27	663541	5907643	15-09-2015	16:45	49	Hormigones BSA y moldureras Davison
P28	663361	5907617	15-09-2015	16:37	55	Sistema de Extracción Hormigones BSA
P29	663237	5907554	15-09-2015	16:30	71	Planta Hormigones BSA (Mezclador y camiones)
P30	663439	5907425	21-09-2015	15:00	72	BSA y Davison
P31	663256	5907377	21-09-2015	15:15	56	CMPC Maderas (Finger)
P32	663221	5907295	21-09-2015	15:22	72	Recicladora Botellas de Vidrio (rotura)
P33	663638	5908576	15-09-2015	15:22	59	Ewos (Patio despacho camiones)
P34	663453	5907265	21-09-2015	16:08	69	CMPC Maderas (Triturador)
P35	663378	5907116	21-09-2015	15:35	73	Metalmecánica Proyecmetal (Esmeril Angular)
P36	663120	5907176	21-09-2015	16:27	58	Maderera SEAT (Silo Aserrín)
P37	662879	5907228	15-09-2015	17:10	60	Compresores de Frío
P38	662917	5907106	21-09-2015	15:55	58	Planta Térmica
P39	663152	5907087	21-09-2015	16:17	62	Metalmecánica y Maderera
P40	663236	5906987	21-09-2015	16:33	60	Planta Hormigones Cementos Biobío (Mezclador y Cargador Frontal)
P41	663246	5906837	21-09-2015	16:50	62	San Lorenzo (Torres Enfriamiento)
P42	663049	5906820	21-09-2015	16:41	66	Arenado Estanques de Gas
P43	663196	5906690	21-09-2015	17:00	63	Fabricación Molduras y Equipos para moldaje
P44	662984	5906666	21-09-2015	17:07	64	Iti Chile (Moldureras)
P46	662814	5906823	21-09-2015	17:15	64	Arenado Estanques de Gas
P47	662650	5906667	21-09-2015	17:25	52	Camiones
P48	662846	5906609	21-09-2015	17:36	63	Ciclones Silos de Aserrín
P49	663341	5906521	22-09-2015	12:03	68	Fábrica de pellets Biopower (Extractor Aéreo)
P51	662907	5906509	22-09-2015	9:07	66	Iti Chile (moldureras)
P52	662967	5906442	22-09-2015	12:10	55	Auxiliar Conservera Andamios Layher (Caída descartes lámina metálica, grúa horquilla, reparación andamios)
P53	662819	5906284	22-09-2015	9:20	61	Ciclones Silos Aserrín Maderera Sandoor
P54	662939	5906133	22-09-2015	10:06	48	Solvay, Sandoor
P55	662691	5906520	22-09-2015	9:39	61	Iti Chile (Ciclones Silos de Aserrín)
P56	662628	5906359	22-09-2015	9:32	57	Sandoor (Ciclones Silos de Aserrín) y Cementos Polpaico
P57	662527	5906214	22-09-2015	9:47	57	Cementos Polpaico
P58	662697	5906186	22-09-2015	9:54	63	Maderera Sandoor (equipos madereros)
P59	662702	5906003	22-09-2015	10:14	58	Cementos Polpaico
P60	663182	5905990	22-09-2015	11:54	50	Ruido provenientes de Graneles Industriales (Cargador y Camiones)

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC (dBA)	Fuente
	Este (m)	Norte (m)				
P61	662816	5905884	22-09-2015	11:24	59	Graneles Industriales y Taller Terminal de Buses Nueva Takora
P62	662653	5905873	22-09-2015	10:22	60	Cementos Polpaico
P63	662422	5905802	22-09-2015	10:40	62	Cementos Polpaico (Extractores)
P64	663024	5905704	22-09-2015	11:11	66	Movimiento de Contenedores
P65	662898	5905465	22-09-2015	11:05	53	Patio Despacho Camiones Sodimac
P66	662576	5905392	22-09-2015	10:55	59	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas)
P67	662546	5905537	22-09-2015	10:49	64	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas, entre otros)
P68	664410	5908804	22-09-2015	12:45	54	Maderas Diezco (Ciclones silos aserrín)
P69	664657	5909492	22-09-2015	12:35	59	Metalmecánica Granallados y Pinturas Industriales Ltda.
P70	664628	5909619	22-09-2015	12:30	64	Metalmecánica Ansu

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Resultados campaña de medición actividad industrial periodo nocturno, Coronel Norte.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC	Fuentes detectadas
	Este (m)	Norte (m)				
P01*	664555	5912582	08-10-2015	23:25	51	Ruido Fondo Ruta 160
P02	5912582	5912670	25-09-2015	22:00	65	Inversiones Polykarpo (Movimiento camiones en perímetro interior)
P03	664864	5912638	25-09-2015	22:11	59	Hormigones Grau (Rastras de áridos y mesas vibratoria)
P04	664231	5910539	25-09-2015	22:29	63	Termoeléctrica Enesa (Torres Enfriamiento, Motores, Bombas, etc.)
P05	664005	5910583	25-09-2015	22:23	57	Resinas Biobío (motores y bombas) y Enesa
P06	664112	5910415	25-09-2015	22:39	56	Enesa y Ruta 160
P07	664263	5910271	25-09-2015	22:50	52	Oxiquim (Venteo Vapor)
P08	663986	5910315	25-09-2015	22:35	50	Enesa
P09	663894	5910095	25-09-2015	23:06	55	Oxiquim (Venteo vapor)
P10	664230	5910020	25-09-2015	22:59	57	Oxiquim (Venteo vapor)
P11	663989	5909922	25-09-2015	23:12	58	Oxiquim (Venteo vapor)
P12	663931	5909751	25-09-2015	23:17	63	Oxiquim (Venteo vapor)
P13	664066	5909714	25-09-2015	23:24	73	Torres Enfriamiento Oxiquim
P14	663814	5909114	25-09-2015	23:53	59	Noramco (moldureras)
P15	663695	5909085	25-09-2015	23:51	65	Noramco (ciclones silos aserrín, astillador apagado)
P16	663607	5909191	08-10-2015	23:55	59	Ventiladores empresa (no se identifica) dirección Oeste

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC	Fuentes detectadas
	Este (m)	Norte (m)				
P17	663780	5909005	26-09-2015	0:01	61	Industone S.A. (Molino de Carozos)
P18*	664054	5909050	08-10-2015	23:49	56	Ruido Fondo, se percibe Ruta 160
P19*	663671	5908881	09-10-2015	0:05	53	Ruido Fondo, se percibe Ruta 160
P20	663971	5908662	25-09-2015	23:38	55	Empacadora San Juan (Extractores Aéreos)
P21	663600	5908449	26-09-2015	0:09	61	Ewos (Venteo Vapor)
P22	663766	5908267	26-09-2015	0:15	62	Ewos (Planta Térmica)
P23	663922	5908373	25-09-2015	23:32	56	Ewos (Planta Térmica)
P24	663504	5908298	09-10-2015	0:10	52	Ewos, empresa Grimar detenida
P25	663362	5907920	26-09-2015	0:24	68	Pesquera Food Corp (Sala compresores y torres Enfriamiento)
P26	663416	5907831	09-10-2015	0:15	51	Davison y Ruta 160
P27	663541	5907643	09-10-2015	0:23	53	Davison y Ruta 160
P28	663361	5907617	25-09-2015	0:33	50	Maderera Davison
P29	663237	5907554	26-09-2015	0:38	55	Movimientos con grúas horquilla en bodega Hormigones BSA y Maderera Davison
P30	663439	5907425	26-09-2015	0:44	70	Extractor residuos Davison
P31	663256	5907377	26-09-2015	0:50	54	CMPC Maderas (finger)
P32	663221	5907295	09-10-2015	0:30	53	CMPC Maderas (Triturador)
P33	663638	5908576	09-10-2015	1:45	59	Camiones Ewos
P34	663453	5907265	26-09-2015	0:57	70	CMPC Maderas (Triturador)
P35	663378	5907116	26-09-2015	1:05	56	CMPC Maderas (Triturador)
P36	663120	5907176	09-10-2015	0:35	51	Iti Chile
P37	662879	5907228	26-09-2015	2:24	55	Silos Iti Chile, empresa alimentos detenida
P38	662917	5907106	26-09-2015	2:17	55	Silos Iti Chile, cargador frontal procesadoras de algas
P39*	663152	5907087	26-09-2015	1:15	54	Ruido fondo, empresas vecinas detenidas
P40	663236	5906987	09-10-2015	0:40	48	Planta Hormigón BSA detenida, ruido de fondo
P41	663246	5906837	26-09-2015	1:23	63	San Lorenzo (Torres Enfriamiento)
P42	663049	5906820	26-09-2015	1:32	69	Ciclones silos de aserrín Iti Chile S.A.
P43	663196	5906690	26-09-2015	1:40	58	CM Maderera Ltda. (fab. Finger), silos y caída de residuos por correa transportadora
P44	662984	5906666	26-09-2015	1:45	65	Iti Chile (Moldureras)
P46	662814	5906823	26-09-2015	2:07	61	Ciclones silos de aserrín Iti Chile S.A.
P47	662650	5906667	09-10-2015	0:45	49	Equipos y bombas empresa Maule e Iti Chile
P48	662846	5906609	26-09-2015	2:00	66	Ciclones Silos de aserrín y líneas pintura y moldureras ITI Chile S.A.
P49	663341	5906521	26-09-2015	1:52	59	Iti Chile S.A. (golpe de residuos de maderas contra Ciclones)
P51	662907	5906509	26-09-2015	2:51	67	Iti Chile (moldureras)

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Fecha	Hora	NPC	Fuentes detectadas
	Este (m)	Norte (m)				
P52	662967	5906442	09-10-2015	1:00	61	Compresor de aire empresa Auxiliar Conservera
P53	662819	5906284	09-10-2015	1:10	58	Ciclón Sandoor
P54	662939	5906133	09-10-2015	1:15	49	CM Maderera Ltda. (fab. Finger), silos y caída de residuos por correa transportadora
P55	662691	5906520	09-10-2015	0:52	52	Equipos y bombas empresa Maule e Iti Chile
P56	662628	5906359	26-09-2015	2:35	62	Planta gases y alarma Air Liquide
P57	662527	5906214	26-09-2015	2:40	61	Cementos Polpaico
P58	662697	5906186	26-09-2015	2:45	58	Cementos Polpaico
P59	662702	5906003	26-09-2015	3:00	58	Cementos Polpaico
P60*	663182	5905990	09-10-2015	1:20	46	Ruido de fondo Ruta 160
P61	662816	5905884	09-10-2015	1:30	53	Neuling Graneles S.A. (Cargador y Camiones)
P62	662653	5905873	26-09-2015	3:06	60	Cementos Polpaico
P63	662422	5905802	26-09-2015	3:12	66	Cementos Polpaico
P64*	663024	5905704	09-10-2015	1:25	46	Ruido de fondo Ruta 160
P65	662898	5905465	09-10-2015	1:35	47	alarma montacargas Sodimac
P66	662576	5905392	26-09-2015	3:21	57	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas, equipos y grúas horquillas)
P67	662546	5905537	26-09-2015	3:27	60	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas, equipos y grúas horquillas)
P68	664410	5908804	09-10-2015	2:10	43	Ruta 160 y Oxiquim, maderas Diezco detenida
P69	664657	5909492	09-10-2015	2:00	43	Ruta 160 y Oxiquim, empresas vecinas detenidas
P70	664628	5909619	09-10-2015	2:20	50	Ruta 160 y Oxiquim, empresa vecinas detenidas

Fuente: Elaboración propia.

Nota: (*) Puntos donde el nivel de ruido fue determinado por la Ruta 160 y no por las empresas vecinas (fuentes fijas), toda vez que se encontraban detenidas en este periodo.

Zona Sur

En la Zona Sur de la comuna se llevaron a cabo campañas de mediciones utilizando instrumental convencional y avanzado para el registro de las emisiones de la actividad productiva y de infraestructura, tanto portuario y energética presente. Las mediciones realizadas mediante instrumental convencional (sonómetro integrador-promediador) se realizaron en el lugar donde se encuentra el receptor, de acuerdo a lo indicado en el D.S. N° 38/2011 del MMA para realizar directamente la evaluación. Las evaluaciones, de acuerdo al D.S. N° 38/2011 del MMA se encuentran detalladas en el capítulo 5.1.

Además, en la campaña de mediciones se obtuvo más de 100 registros con instrumental avanzado (cámara acústica), los que fueron debidamente analizados mediante herramientas de post-proceso HDR (High Dinamic Range), con el objetivo de generar datos de calidad para la etapa de modelamiento y servir como información relevante en el análisis de posibles medidas de control.

A continuación, se muestra un ejemplo de medición con cámara acústica, incluyendo, a modo ilustrativo, espectros de tercios, líneas espectrales (FFT) e imágenes de distribución sonora (en algunos casos con

postprocesado HDR). Los puntos de medición se encuentran identificados espacialmente en las figuras precedentes (figuras 49 a 51). En las figuras que incluyen imágenes de distribución sonora, la escala de los ejes representa la coordenada espacial en metros, respecto a un sistema cartesiano centrado según el centro de la cámara acústica y en un plano ubicado a una distancia definida por la distancia de enfoque (focus)". En las figuras que incluyen espectros sonoros, el eje horizontal representa la frecuencia en escala logarítmica y en el eje vertical el nivel de presión sonora en dBA, notar que la frecuencia central de cada banda también se incluye en cada barra del gráfico.

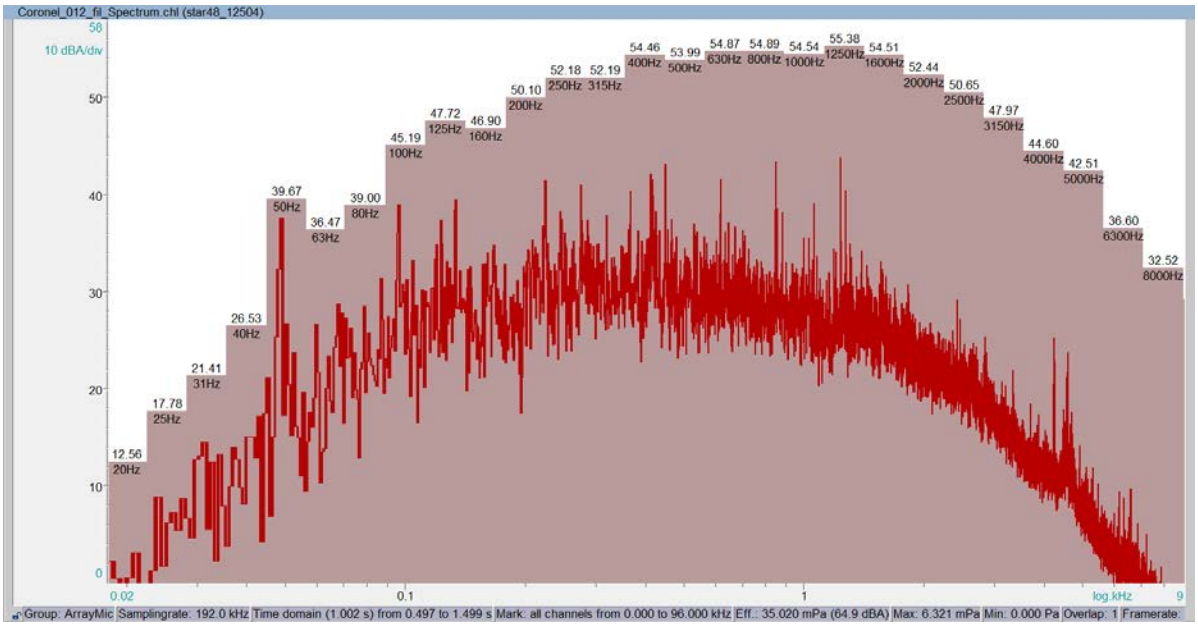


Figura 49: Espectro de frecuencias en bandas de tercio y líneas espectrales (FFT) incluyendo maquinaria cercana. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A punto de medición zona Coronel Sur. Fuente: Elaboración propia.

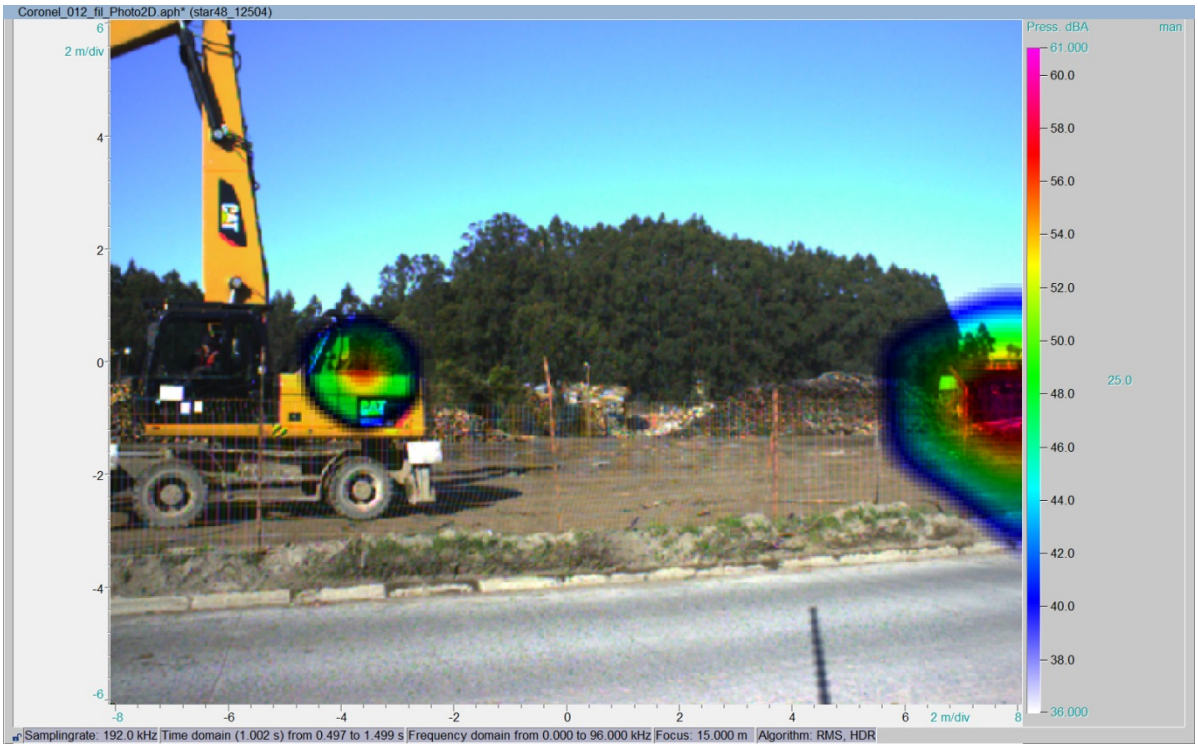


Figura 50: Imagen de distribución acústica. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A. incluyendo maquinaria cercana, punto de medición Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

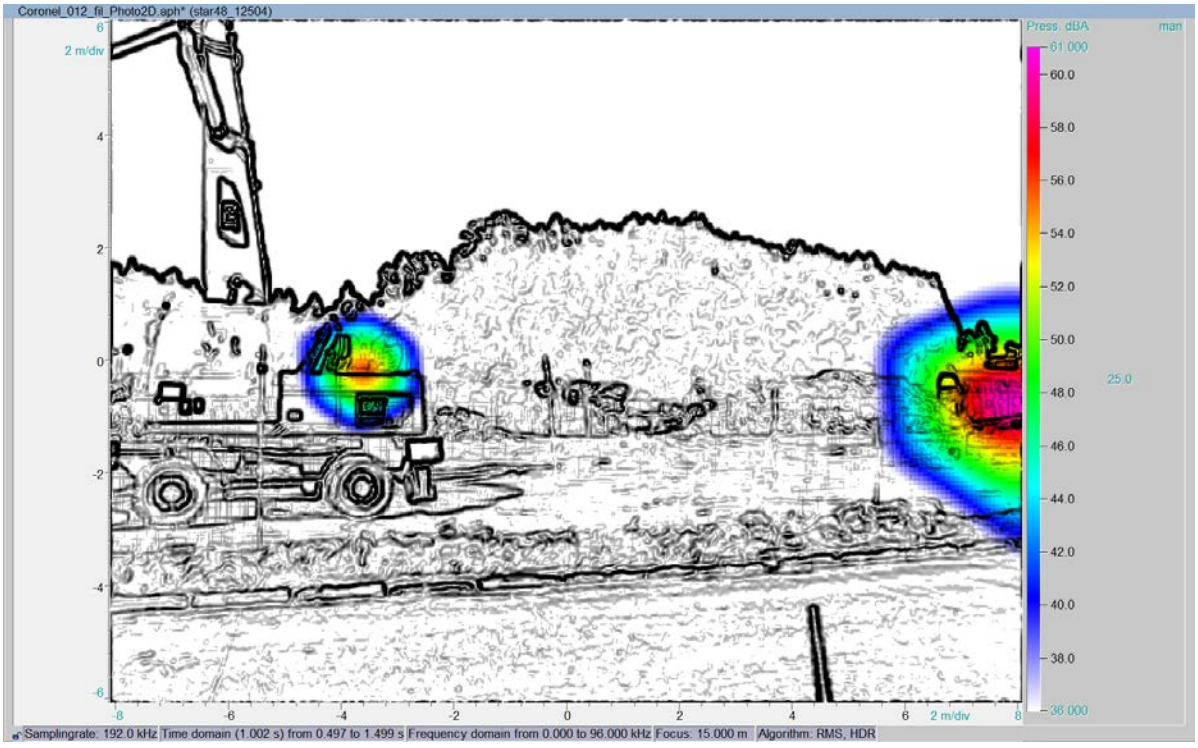


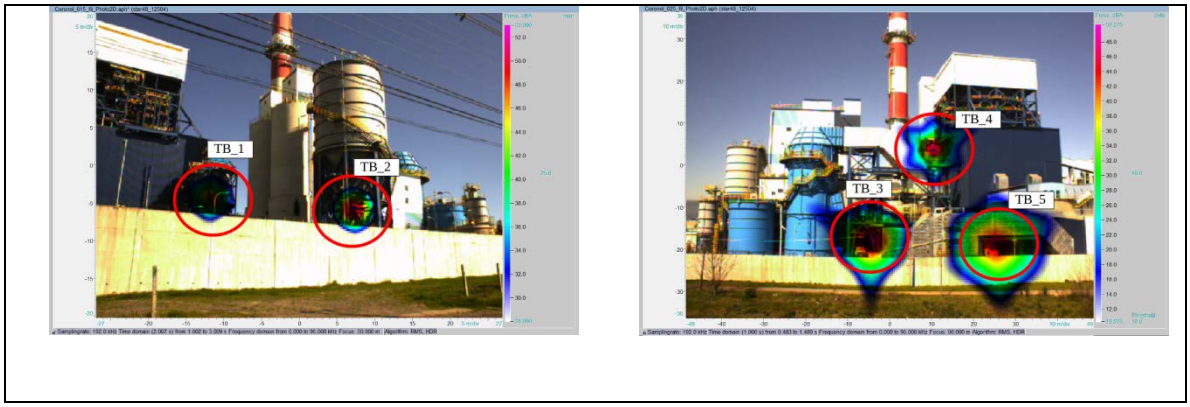
Figura 51: Imagen de distribución acústica. Sector Astilladora, Fulghum Chile S.A incluyendo maquinaria cercana, punto de medición Zona Sur de Coronel con post-proceso HDR. Fuente: Elaboración Propia.

Para establecer la potencia acústica de las fuentes predominantes en el sector Sur de Coronel se han utilizado las mediciones realizadas con cámara acústica. La cámara acústica utilizada dispone de herramientas de post-proceso de datos que permiten establecer niveles de potencia acústica asociados a cada fuente y su contenido espectral, lo cual es relevante y mejora la calidad de las modelaciones al contar con espectros de potencia en lugar de valores en banda ancha (niveles globales).

En las siguientes figuras se identifican las fuentes predominantes y se incluyen los valores de potencia en la tabla 26.



Figura 52. Identificación de fuentes para determinar potencia acústica asociada (Astilladora Forestal Coala/Puerto Seco).
Fuente: Elaboración propia.



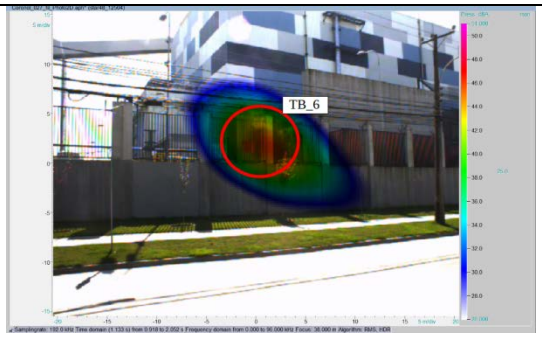
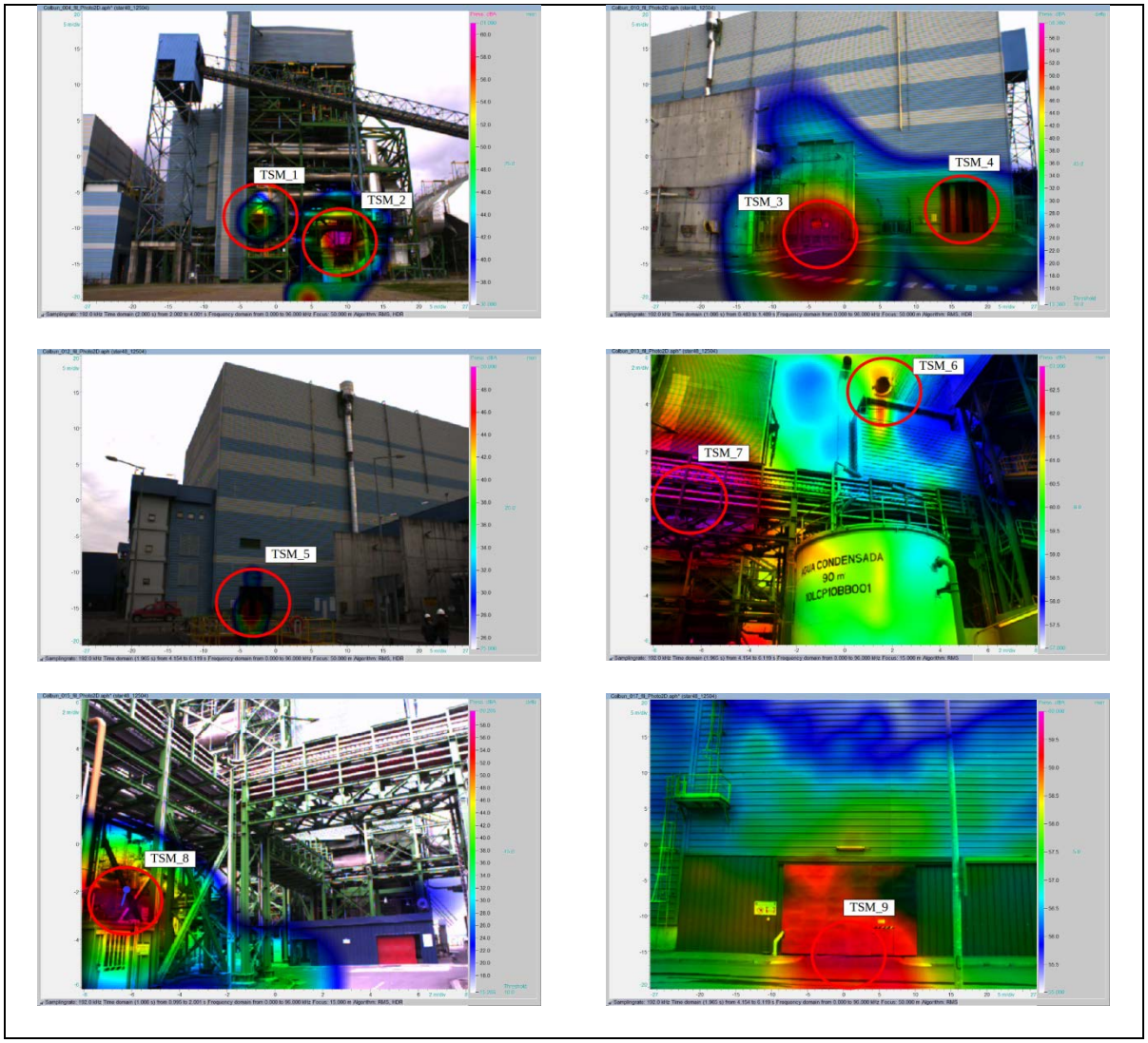


Figura 53. Identificación de fuentes predominantes para determinar potencia acústica asociada (Central Bocamina).
Fuente: Elaboración Propia.



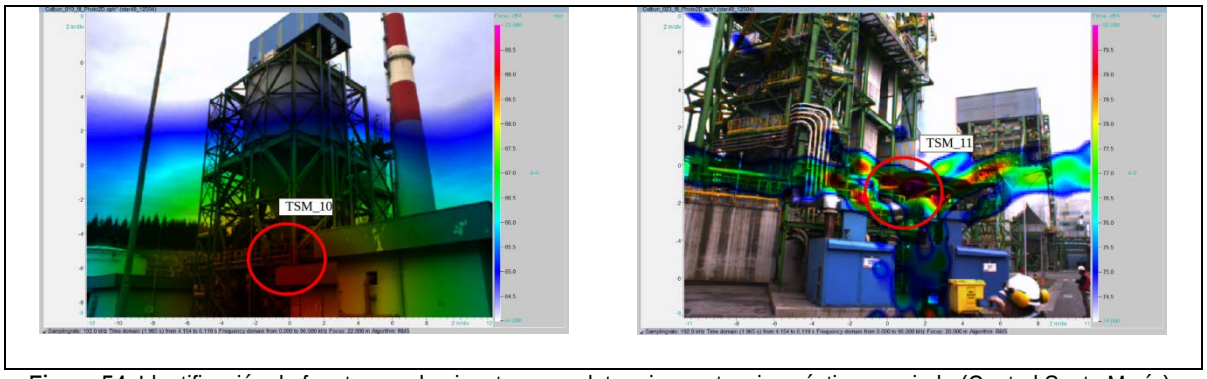


Figura 54. Identificación de fuentes predominantes para determinar potencia acústica asociada (Central Santa María).
Fuente: Elaboración Propia

Además de las fuentes indicadas en las figuras anteriores, se establecieron los espectros de potencia para maquinaria utilizada en las astilladoras y en puerto. Los datos de potencia, además de altura estimada, se incluyen en la tabla 26.

Tabla 26: Espectros de potencia acústica asociada a las diferentes fuentes para modelamiento de ruido industrial (Maq_1: Cargador de madera utilizado en astilladoras, Maq_2 y Maq_4: Cargadores frontales utilizado en astilladoras, Maq_3: Porta contenedores utilizados en Puerto, Correa_A: Cabo Froward, Correa_B: Central Santa María).

Fuente	h aprox. (m)	Lw (dBA)	Frecuencias Hz (bandas de octava)								
			31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ast_1	5	117.7	79.4	91.6	102.1	110.1	112.1	113.7	108.4	98.3	82.4
Ast_2	5	120.2	81.6	97.4	106.8	112.6	112.9	112.8	115.9	104.7	83.8
Ast_3	5	119.6	81.2	95.0	105.0	112.0	113.5	114.6	112.8	102.1	84.0
TB_1	10	99	56.1	68.9	76.9	89.1	93.4	94.7	92	86	71.9
TB_2	10	100.1	57.4	74	75.5	99.4	82.1	90.3	82.9	76.8	59.9
TB_3	8	90	59.2	68.0	74.8	80.2	80.9	83.7	85.3	82	70.3
TB_4	20	100.8	68	68	77	90.8	94.6	98.4	89.1	82.6	69.7
TB_5	8	97.9	55.9	61.9	74.4	88.8	93.5	93.3	88.4	84.9	73.6
TB_6	7	97.3	65.6	78.6	84.8	95.1	91.6	84.1	75.6	68.0	63.9
TSM_1	8	111.1	65.4	76.8	94.8	102.6	106.4	106.2	102.7	94.7	77.5
TSM_2	6	116.4	81.8	97.6	104.2	111.3	111.2	109.6	105.8	96.4	79.9
TSM_3	1,5	98.7	60.0	74.6	82.8	96.4	94.2	80.7	73.7	65.3	62.5
TSM_4	1,5	103.3	61.6	71.0	80.0	96.8	101.7	91.3	86.3	73.5	70.6
TSM_5	1,5	98.1	67.4	70.3	84.3	87.4	90.1	91.8	94.2	85.2	78.5
TSM_6	10	106.8	62.4	79.8	95.9	96.8	98.2	99.6	102.2	97.9	87.6
TSM_7	5	91.2	56.8	73.0	77.4	75.5	90.2	79.4	78.5	66.8	64.5
TSM_8	3	95.4	51.4	66.5	77.9	82.8	90.0	89.8	89.7	84.6	75.8
TSM_9	0	100.4	63.7	81.4	88.8	92.1	92.7	97.2	90.6	77.9	58.5
TSM_10	2,5	110.8	70.6	87.5	107.4	107.4	94.2	95.4	93.5	86.1	78.2
TSM_11	6	118.0	74.1	80.1	90.4	89.9	89.3	91.6	117.9	97.3	80.9
Maq_1	1,5	102.0	57.8	76.1	90.2	92.4	96.5	97.5	93.5	87.0	73.7
Maq_2	1,5	114.3	68.5	93.8	105.0	107.5	107.6	106.7	107.5	102.2	94.9
Maq_3	1,5	110.9	58.3	81.8	93.6	104.9	103.6	105.0	104.1	98.6	89.8
Maq_4	1,5	112.2	76.3	89.0	99.0	99.6	105.4	108.8	105.4	95.9	78.1
Correa_A (Chip)		80.7	45.4	59.2	70.1	72.3	74.8	75.7	72.8	63.9	52.6

Fuente	h aprox. (m)	Lw (dBA)	Frecuencias Hz (bandas de octava)								
			31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Correa_B (Carbón)		71.1	38.6	52.7	56.0	59.6	64.0	65.7	65.8	60.2	53.8

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3. Mediciones de Tráfico Vehicular

A continuación se muestran los datos (53) obtenidos durante la campaña de mediciones acústicas realizadas con el propósito de caracterizar la emisión sonora de los diferentes tipos de vías existentes en la comuna de Coronel.

Tabla 27: Resultados campaña de medición acústica tráfico vehicular periodo diurno, comuna Coronel.

Código Receptor	Coordenadas UTM		Nombre vía	Tipo de vía	Ancho vía (m)	Fecha	Dist. a vía (m)	Hora	Carpeta rodado	Velocidad (Km/h)	Leq (dBA)	Lmáx (dBA)	Lmín (dBA)
	Este	Norte											
RT1	662942	5902639	Arenas Blancas	Colectora	8	25-09-2015	3	13:08	Hormigón	80	67,3	85,8	37,8
RT3	663656	5901707	Augusto D'halmar	Servicio	6	07-10-2015	2	16:30	Hormigón	40	66,4	79,8	44,3
RT4	665270	5899460	Sotomayor	Colectora	15	06-10-2015	3	14:00	Asfalto	60	68,4	83,5	47,3
RT5	665427	5899750	Lota	Servicio	6	06-10-2015	2	17:20	Hormigón	20	57,7	73,1	49,2
RT6	665473	5900387	Lautaro	Colectora	8	06-10-2015	2	16:25	Hormigón	60	68,8	82,8	53,1
RT7	664063	5902059	Manuel Montt	Colectora	8	07-10-2015	2	18:05	Hormigón	60	72,4	92,4	48,8
RT8	664409	5900835	Costanera	Troncal	8	25-09-2015	2	17:25	Hormigón	60	73,6	86,5	53,5
RT9	663356	5901037	Pedro Aguirre Cerda	Troncal	8	07-10-2015	3,5	13:55	Asfalto	60	67,8	83,2	50,2
RT11	663877	5901686	Cruz Mora	Servicio	8	07-10-2015	1	16:10	Hormigón	60	67,3	79,8	45,7
RT12	665210	5899943	Francia	Local	6	06-10-2015	1	15:35	Hormigón	40	60,4	74,7	46
RT13	665648	5899602	Galvarino Riveros	Colectora	6	06-10-2015	2	14:30	Hormigón	40	58,5	76,1	41,4
RT14	665081	5902813	Lago Llanquihue	Local	6	08-10-2015	2	11:30	Hormigón	50	63,7	88,7	42,5
RT15	665912	5899685	Ruta 160	Expresa	15	22-09-2015	5	15:50	Asfalto	80	71,1	82,6	52,2
RT16	665003	5898899	Acceso Sur al Puerto	Troncal	8	25-09-2015	2	17:50	Hormigón	60	75	92,9	55,6
RT17	665304	5897987	Empalme al camino a Lota	Troncal	15	22-09-2015	2	15:15	Asfalto	80	70,4	83	47,7
RT18	665233	5899259	Las Camelias	Servicio	6	06-10-2015	1	13:35	Hormigón	40	61,5	77,7	46,2
RT19	661904	5902053	Pedro Aguirre Cerda	Troncal	8	25-09-2015	3	12:48	Hormigón	80	69,9	86,5	40,1
RT20	663357	5901936	Arturo Hughes	Colectora	6	07-10-2015	1	17:20	Hormigón	40	62,8	79,6	43,8
RT23	664421	5902430	Yobilo	Colectora	8	08-10-2015	2	10:30	Hormigón	60	68,1	80,6	44,4
RT24	663615	5900954	Sur	Local	6	07-10-2015	1,5	14:30	Hormigón	40	55,3	71,1	46,1

Código Receptor	Coordenadas UTM		Nombre vía	Tipo de vía	Ancho vía (m)	Fecha	Dist. a vía (m)	Hora	Carpeta rodado	Velocidad (Km/h)	Leq (dBA)	Lmáx (dBA)	Lmín (dBA)
	Este	Norte											
RT25	665568	5899516	Riquelme	Local	6	06-10-2015	2	18:00	Hormigón	20	55,5	74,9	47,4
RT26	665054	5900074	Bilbao	Local	6	06-10-2015	2	16:55	Hormigón	20	55,6	66,6	49,3
RT27	663749	5901241	Dos Sur	Local	3	07-10-2015	1	14:55	Asfalto	40	61	79,8	45,4
RT28	663743	5901507	Santa Rosa	Local	5	07-10-2015	1	15:35	Hormigón	40	49,7	69,9	38
RT29	664793	5911656	Ruta 160	Expresa	15	22-09-2015	4	19:30	Asfalto	100	78	91,1	52,8
RT30	665065	5904714	Ruta 160	Expresa	15	22-09-2015	7,5	16:45	Asfalto	80	70,8	82,6	55,3
RT31	663637	5906261	Camino a Coronel	Colectora	15	22-09-2015	5	17:20	Asfalto	60	68,6	78,2	53
RT32	663472	5905070	Juan Antonio Ríos	Colectora	8	25-09-2015	2	10:50	Hormigón	60	70,1	85,6	48,8
RT34	663673	5903690	José Santos Ossa	Local	5	08-10-2015	2	11:45	Hormigón	40	59,8	75,8	46,6
RT36	663877	5903931	Jorge Parra Gajardo	Local	5	08-10-2015	2,5	12:25	Hormigón	40	56,4	74,8	42,4
RT37	664157	5904041	Las Mensuras	Local	5	08-10-2015	2	12:45	Hormigón	60	58,5	78,6	44,5
RT38	663212	5903715	Juan Antonio Ríos	Local	6	25-09-2015	2,5	17:00	Hormigón	40	55,7	78,7	39,5
RT39	663199	5905183	Volcán Villarrica	Servicio	6	25-09-2015	1,5	16:30	Hormigón	40	64,7	84,1	43,3
RT41	662862	5905883	Cerro San Francisco	Colectora	6	24-09-2015	2	15:39	Asfalto	60	65,2	83,5	50,4
RT42	662865	5906374	Golfo de Arauco	Colectora	10	24-09-2015	2	15:00	Asfalto	40	66,7	87,8	54,1
RT44	663490	5907095	Federico Schwager	Colectora	15	24-09-2015	2	14:40	Asfalto	40	65,2	86,1	53,1
RT45	663948	5905475	Los Nogales	Servicio	7	22-09-2015	2,5	18:25	Asfalto	40	65,8	82,2	45,7
RT47	664017	5908914	Calle Central	Servicio	7	08-10-2015	5	8:45	Asfalto	20	31,9	51,7	24,6
RT48	665761	5900102	JM Erratchou	Local	7	06-10-2015	2	16:00	Hormigón	60	65,5	79,2	45,9
RT50	664808	5912650	Km 15 1/2 Camino a Coronel	Servicio	7	25-09-2015	1	10:03	Tierra	30	64,7	84,4	44,2
RT51	663030	5905564	Volcán Lonquimay	Servicio	7	25-09-2015	2	12:16	Hormigón	40	56,8	69,6	45
RT52	663019	5902322	Carlos Manríquez	Servicio	7	07-10-2015	1	17:40	Hormigón	40	61,7	83,2	41
RT53	663524	5901860	Francisco Coloane	Servicio	7	07-10-2015	1	16:55	Hormigón	40	67,5	91,1	43
RT54	664466	5908223	La Araucana	Local	7	22-09-2015	2	19:00	Asfalto	40	60,2	76,4	44,3
RT55	664081	5905890	Adrián Pérez	Local	7	22-09-2015	1,5	18:00	Asfalto	20	63,9	81,4	44,2
RT56	663858	5905956	Los Raulíes	Local	7	22-09-2015	1	17:40	Asfalto	20	56,1	72,9	44
RT57	663719	5904972	Los Álamos	Local	7	13-10-2015	2	15:30	Hormigón	60	62,9	78,1	45,7
RT58	664113	5904307	Ríos de Chile	Local	7	13-10-2015	2	16:05	Hormigón	40	62,9	78,7	42,1
RT59	665400	5899638	Democracia	Local	7	06-10-2015	2	15:00	Hormigón	40	58,6	80,3	43,4
RT60	665552	5899363	Lincoyan	Local	7	06-10-2015	1	17:45	Hormigón	20	54,8	84,9	51

Código Receptor	Coordenadas UTM		Nombre vía	Tipo de vía	Ancho vía (m)	Fecha	Dist. a vía (m)	Hora	Carpeta rodado	Velocidad (Km/h)	Leq (dBA)	Lmáx (dBA)	Lmín (dBA)
	Este	Norte											
RT61	663186	5903436	Raúl Gutiérrez	Local	7	13-10-2015	2	15:00	Hormigón	40	57,2	74,1	41
RT62	663298	5905544	Cerro El Plomo	Local	7	25-09-2015	2	16:13	Hormigón	30	63,1	81,1	42,2
RT63	663206	5906382	Portuaria	Local	7	07-10-2015	1,5	9:15	Asfalto	40	53,8	75,6	53,8

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4. Mediciones de Flujo Vehicular

En las tablas 28 y 29 se incluyen diferentes descriptores estadísticos obtenidos para los flujos vehiculares diurnos (en N° de vehículos por hora) y el % de vehículos pesados. En todas las categorías, a excepción de expresa, se produce una clara diferenciación entre vías con y sin locomoción colectiva.

Tabla 28: Datos estadísticos del flujo vehicular diurno para las diferentes categorías de vías (vehículos/hora).

Categoría de vía	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Expresa	8	2644	1414	680	4904	4224
Troncal/c	11	676	407	72	1360	1288
Troncal/s	5	225	100	108	356	248
Colectora/c	13	735	585	136	2004	1868
Colectora/s	26	245	272	8	896	888
Servicio/c	7	210	170	60	540	480
Servicio/s	27	69	64	4	264	260
Local/c	9	146	119	32	388	356
Local/s	59	66	69	4	368	364
TOTAL	165					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Datos estadísticos del flujo vehicular diurno para las diferentes categorías de vías (% vehículos pesados).

Categoría de vía	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Expresa	8	4,73%	2,22%	1,18%	7,25%	6,07%
Troncal/c	11	12,83%	7,53%	2,99%	27,86%	24,87%
Troncal/s	5	17,91%	7,49%	9,72%	28,95%	19,23%
Colectora/c	13	2,44%	2,14%	0,00%	7,02%	7,02%
Colectora/s	26	9,91%	15,18%	0,00%	51,52%	51,52%
Servicio/c	7	3,24%	5,00%	0,00%	13,04%	13,04%
Servicio/s	27	9,58%	16,17%	0,00%	57,14%	57,14%
Local/c	9	0,97%	2,90%	0,00%	8,70%	8,70%
Local/s	59	2,78%	7,54%	0,00%	33,33%	33,33%
TOTAL	165					

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 30 y 31 se incluyen diferentes descriptores estadísticos obtenidos para los flujos vehiculares nocturnos (en N° de vehículos por hora) y el % de vehículos pesados. En este caso, no se hace la diferenciación entre vía con y sin locomoción colectiva mayor (buses urbanos) por cuanto, en general, no transitan buses urbanos (micros) en este periodo específico. Los resultados nocturnos también muestran una tendencia razonable en cuanto a la diferenciación de los flujos para las diferentes categorías.

Tabla 30: Datos estadísticos del flujo vehicular nocturno para las diferentes categorías de vías (vehículos/hora)

Categoría de vía	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Expresa	5	541	377	12	1044	1032
Troncal	11	194	156	4	464	460
Colectora	27	182	258	4	864	860
Servicio	21	24	33	0	124	124
Local	45	22	37	0	232	232
TOTAL	109					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31: Datos estadísticos del flujo vehicular nocturno para las diferentes categorías de vías (% vehículos pesados)

Categoría de vía	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Expresa	5	10,69%	9,30%	0,00%	25,25%	25,25%
Troncal	11	12,60%	5,79%	0,00%	22,22%	22,22%
Colectora	27	4,51%	10,23%	0,00%	40,00%	40,00%
Servicio	21	16,01%	26,91%	0,00%	100,00%	100,00%
Local	45	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	109					

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1.5. Mediciones de Niveles de Ruido de Trenes

A continuación, en la tabla 32, se presentan los datos obtenidos en terreno mediante sonómetro y cámara acústica, instrumental emplazado a una distancia referencial aproximada de entre 7 y 13 metros de la vía férrea para caracterizar acústicamente el paso de ambos tipos de tren (tren de carga y Biotren).

Tabla 32: Parámetros obtenidos para clases de trenes comuna Coronel.

Tipo de Tren	N° carros	Velocidad circulación (Km/h)	Distancia medición (m)	Tiempo de pasada (segundos)	NPSeq (dBA)	Lmáx (dBA)	Lmín (dBA)	Observación
Biotren	3	30-40	7	10	85.8	94.7	67.3	Uso de bocina
Biotren	3	30-40	13	10	82.1	-	-	Sin bocina
Tren Carga	34	20	7	127	83.7	92.1	67.5	Sin bocina

Fuente: Elaboración Propia.

4. RESULTADOS DE MAPAS DE RUIDO

Los mapas de ruido son una representación gráfica de los niveles de ruido existentes en una zona (comuna urbana de Coronel) y en un periodo determinado (diurno y nocturno). Son una poderosa herramienta para disponer de información ambiental (situación acústica de la comuna) que permita mejorar gradualmente el conocimiento, vigilancia y la gestión para el control de ruido ambiental, permitiendo por ejemplo, la generación de normativas ambientales o el diseño de planes de acción, etc.

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de mapas de ruido para ambos periodos horarios y divididos por zonas, Coronel Norte y Sur. Se presentan mapas de ruido generados por la actividad industrial y productiva (fuente fija), tráfico rodado (vehicular y trenes) y la suma de ellos (Global) mediante intervalos de colores cada 5 dBA que representan la superficie expuesta. Cabe destacar que los mapas de ruido fueron realizados con el software CadnaA, pero presentados mediante software SIG, debido principalmente, a su mejor prestación gráfica y a un mayor manejo de sus herramientas de análisis.

4.1 Mapas de Ruido Actividad Productiva e Industrial de Coronel

A continuación se presentan los mapas de ruido de Coronel separados en zona Norte y Sur producto del funcionamiento de las fuentes emisoras de ruido catastradas, las que obedecen, principalmente a actividades productivas e industriales. Además los mapas vienen separados por periodo horario, diurno (07:00-21:00 hrs.) y nocturno (21:00-07:00 hrs.).

En ese sentido, la actividad productiva e industrial que opera en periodo diurno no es la misma que opera en periodo nocturno. Para la Zona Norte específicamente, dentro de los parques industriales, existen varias actividades o fuentes de ruido que cesan su actividad, ejemplo de ellos, la extracción de áridos, arenado, o reducen su funcionamiento. Además, por el lado opuesto de la Ruta 160, pero frente a los parques industriales de Escuadrón I y II, las empresas como maestranzas y Maderas Diezco, entre otras, cesan las actividades en periodo nocturno, como se comprobó mediante inspección visual.

En el sector de la población Leandro Moreno, en el periodo diurno operan fábricas de panderetas y muebles, las cuales no operan en periodo nocturno, sin embargo presentan un porcentaje de denuncias de la población debido a la cercanía de viviendas entorno a éstas.

Por otro lado, durante el periodo nocturno comienzan a funcionar otras fuentes de ruido, como son las actividades de esparcimiento dentro de la ciudad, caso de la zona de pubs, centro de eventos, las cuales no operan en periodo diurno.

Para la Zona Sur de Coronel, las empresas ligadas a la generación de energía (Centrales termoeléctricas Bocamina y Sta. María) mantienen un funcionamiento similar en ambos periodos. Las pesqueras que operan en la caleta Lo Rojas (Orizon, Bahía Coronel, Camanchaca) operan siempre y cuando no exista veda del producto que procesan, pudiendo hacerlo en cualquier momento del día o la noche.

Las plantas de astillado en el sector de Puchoco (Planta Astillado Coronel y Fulghum) mantienen un funcionamiento similar para ambos periodos, lo mismo que el caso de la actividad portuaria (Puerto de Coronel) con la llegada y salida de barcos en la bahía de Coronel.

En el caso de las correas transportadoras utilizadas por las portuarias Puerto de Coronel y Cabo Froward (sector de Puchoco), dependen del arribo de naves mercantes, pudiendo ocurrir tanto en la jornada diurna como nocturna, las cuales poseen una planificación por parte de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) a cargo de la Armada de Chile, la cual está sujeta a cambios por parte del puerto, tanto por motivos comerciales como meteorológicos.

4.1.1 Mapas de ruido para la actividad productiva e industrial de Coronel en periodo diurno

A continuación, se presentan mapas de ruido generados a partir del funcionamiento de la actividad productiva e industrial de la comuna separados en Zona Norte y Sur para el periodo diurno.

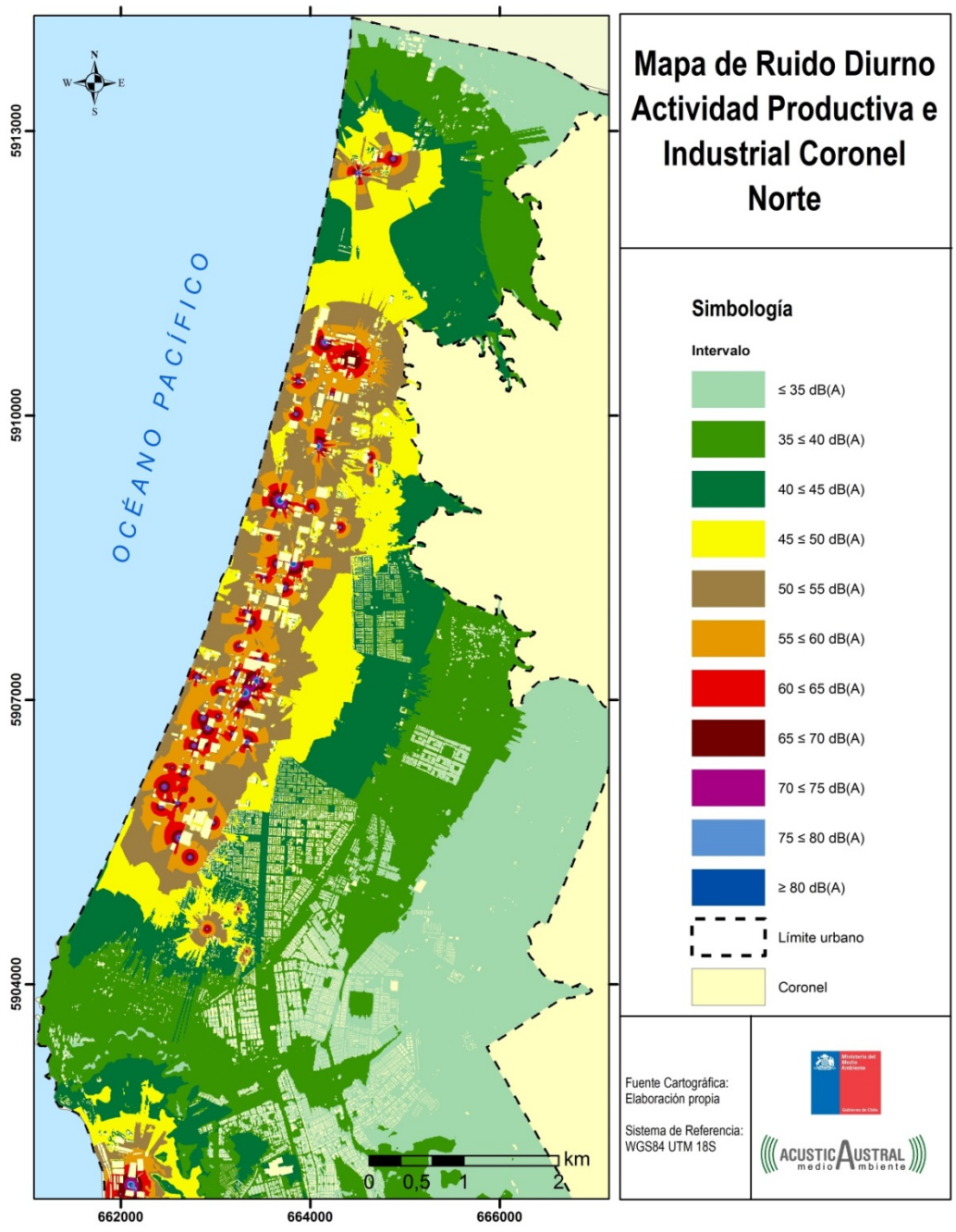


Figura 55: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Para la Zona Norte de Coronel, el mapa de ruido señala a las zonas industriales (Parques Escuadrón I y II, y Parque Coronel) como las con mayores niveles de ruido asociados, en su mayoría niveles sobre los 50 dBA (color café) en toda su extensión. Lo anterior radica en la presencia de variadas actividades productivas, destacándose al rubro maderero (servicio de tratamiento y pintado de productos forestales, cepillado y machihembrado y secado) y al pesquero (fabricación de alimento y enlatado) como los que aportan los mayores niveles a la zona. Entre estos destacan las empresas Noramco, Davison Industry e Iti Chile, y Ewos, Orizon, Foodcorp y Grimar alcanzando niveles en el entorno de sus emplazamientos sobre los 65 dBA, intervalo representado en color carmín. Aportan, también a los altos niveles de ruido presentes en la zona donde se emplazan los parques industriales las empresa Oxiquim (fabricación productos químicos y resinas), y Cementos BSA y Cementos Polpaico (áreas de cemento, hormigón premezclado). Cabe destacar que el mayor porcentaje de zonas expuestas a niveles sobre los 50 dBA están contenidas en el distrito Escuadrón y en menor porcentaje dentro del distrito correspondiente a Buen Retiro.

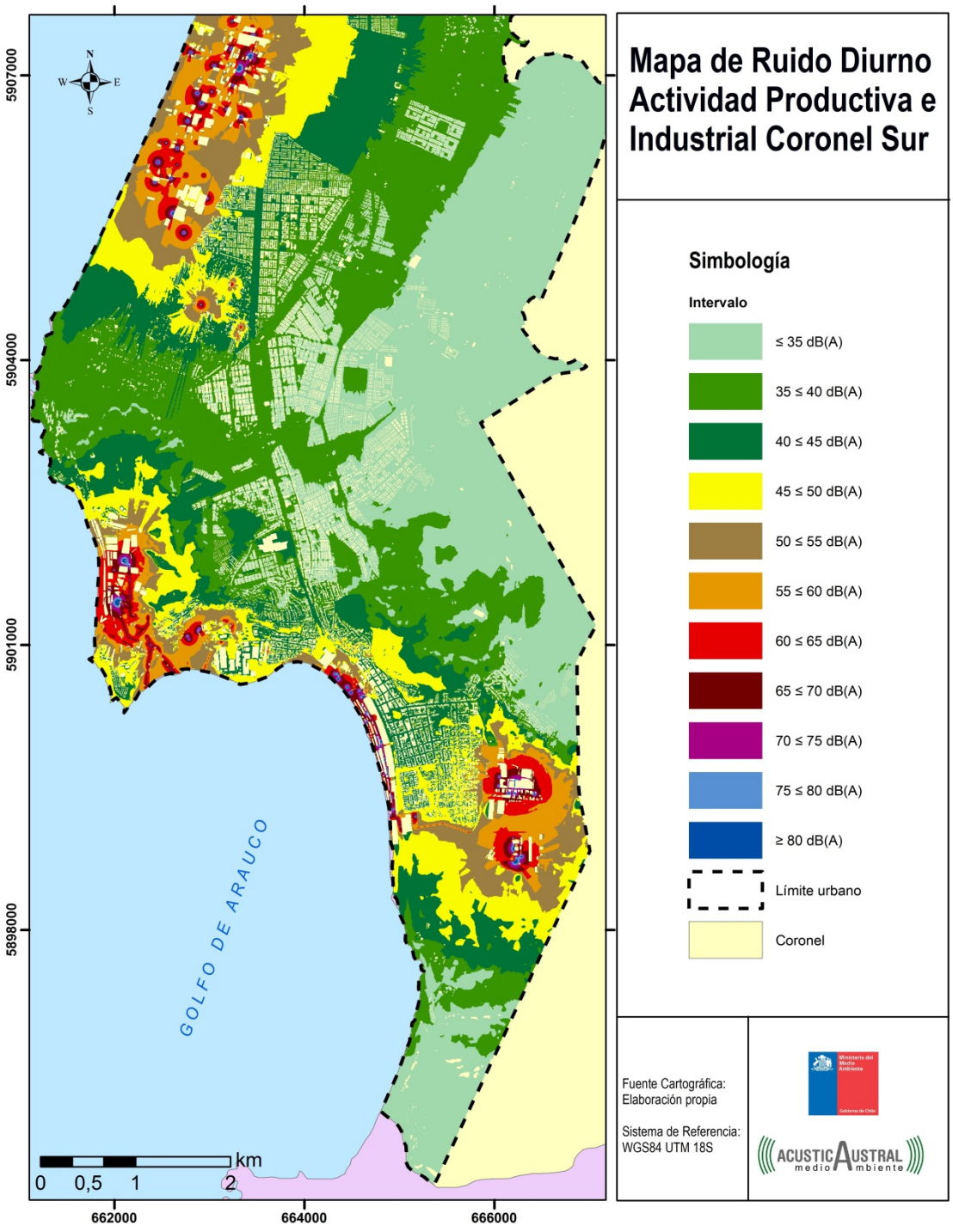


Figura 56: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Por su parte, en la Zona Sur de Coronel, los mayores niveles de ruido se concentran en el sector de Puchoco, principalmente en el sector de las astilladoras, central termoeléctrica Bocamina y Cabo Froward (correas transportadoras de chip), todas ellas contenidas en el distrito Schwager con parte importante de su superficie expuesta a rangos sobre los 55 dBA intervalo representado mediante color ocre. Las zonas donde se emplaza el Puerto de Coronel en la bahía del mismo nombre perteneciente al distrito Municipalidad alcanzan, en algunos sectores, intervalos sobre los 60 dBA (color rojo).

Por último, el sector de El Manco, donde se emplaza la central termoeléctrica Santa María y el Puerto de Coronel, dentro del distrito Corcovado, alcanza zonas con altos porcentajes de superficie sobre los 60 dBA (color rojo).

4.1.2 Mapas de Ruido para la actividad productiva e industrial de Coronel en periodo nocturno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en zona Norte y Sur para el periodo nocturno producto del funcionamiento de las principales actividades productivas e industriales (niveles medidos asociados a empresas en funcionamiento en Zona Norte para el periodo nocturno se presentaron en tabla 25) identificadas en la comuna.

Para la zona Norte de Coronel, el mapa de ruido señala a las zonas industriales (Parques Escuadrón I y II, y Parque Coronel) como las con mayores niveles de ruido asociados, en estos casos sobre los 45 dBA (intervalo color amarillo) en toda su extensión, presentando un leve decaimiento respecto del periodo diurno, principalmente al cese del funcionamiento de algunas empresas del sector, asociados al rubro de los áridos y plantas arenadoras.

Por su parte, en la zona Sur de Coronel, los mayores niveles de ruido se concentran en el sector de Puchoco, principalmente donde se emplazan las astilladoras, central termoeléctrica Bocamina, pesquera Bahía Coronel y correas transportadoras de chip dentro del distrito Schwager. En el distrito de Municipalidad destacan niveles sobre los 60 dBA generados por el Puerto de Coronel. Y por último, en el distrito Corcovado, se observan niveles sobre los 55 dBA (color ocre) en un porcentaje importante de su superficie y también destacan niveles sobre los 60 dBA representado en color rojo para el entorno inmediato de Puerto de Coronel y central termoeléctrica Santa María, siendo éstos similares a los mostrados en el mapa de ruido del periodo diurno.

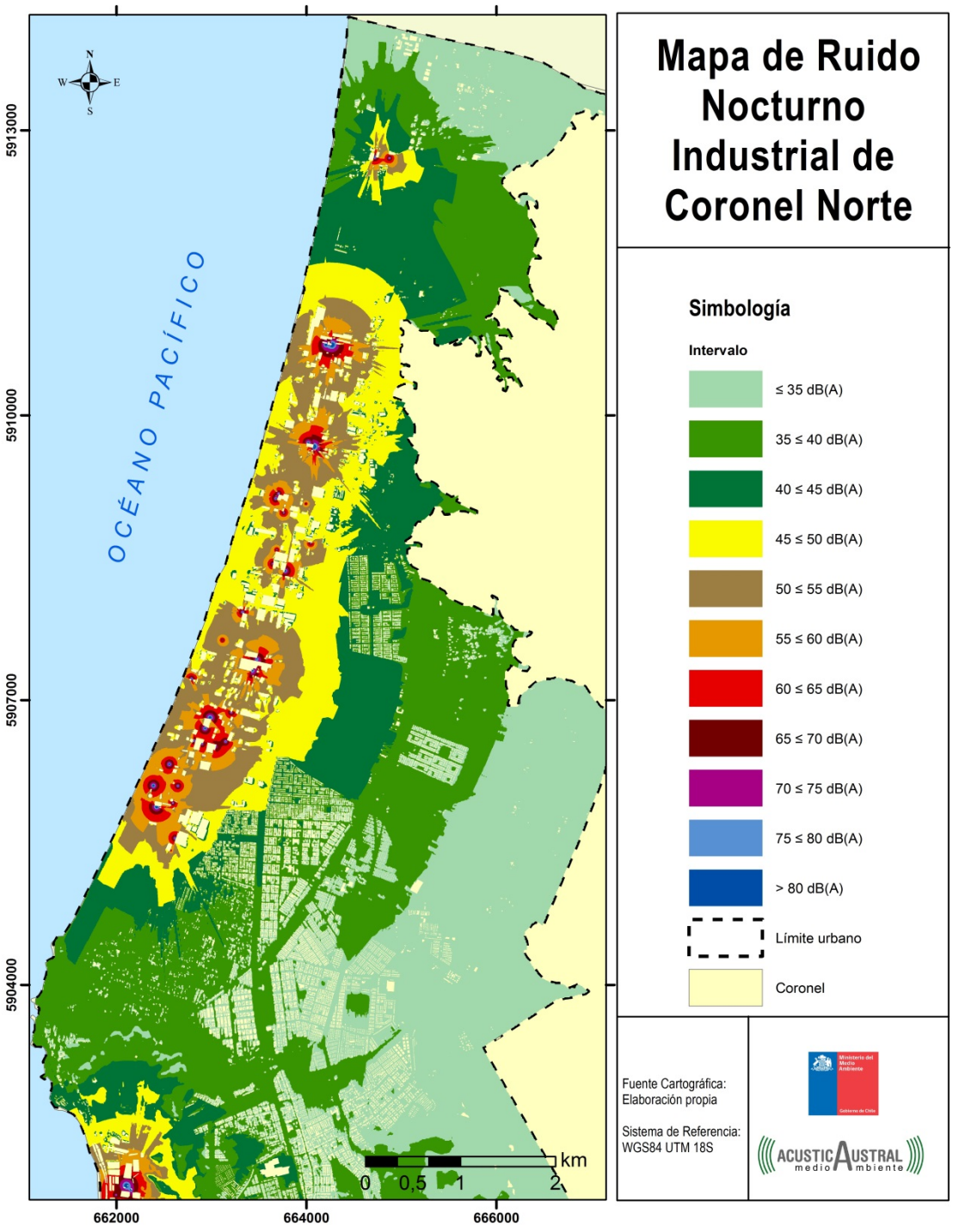


Figura 57: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

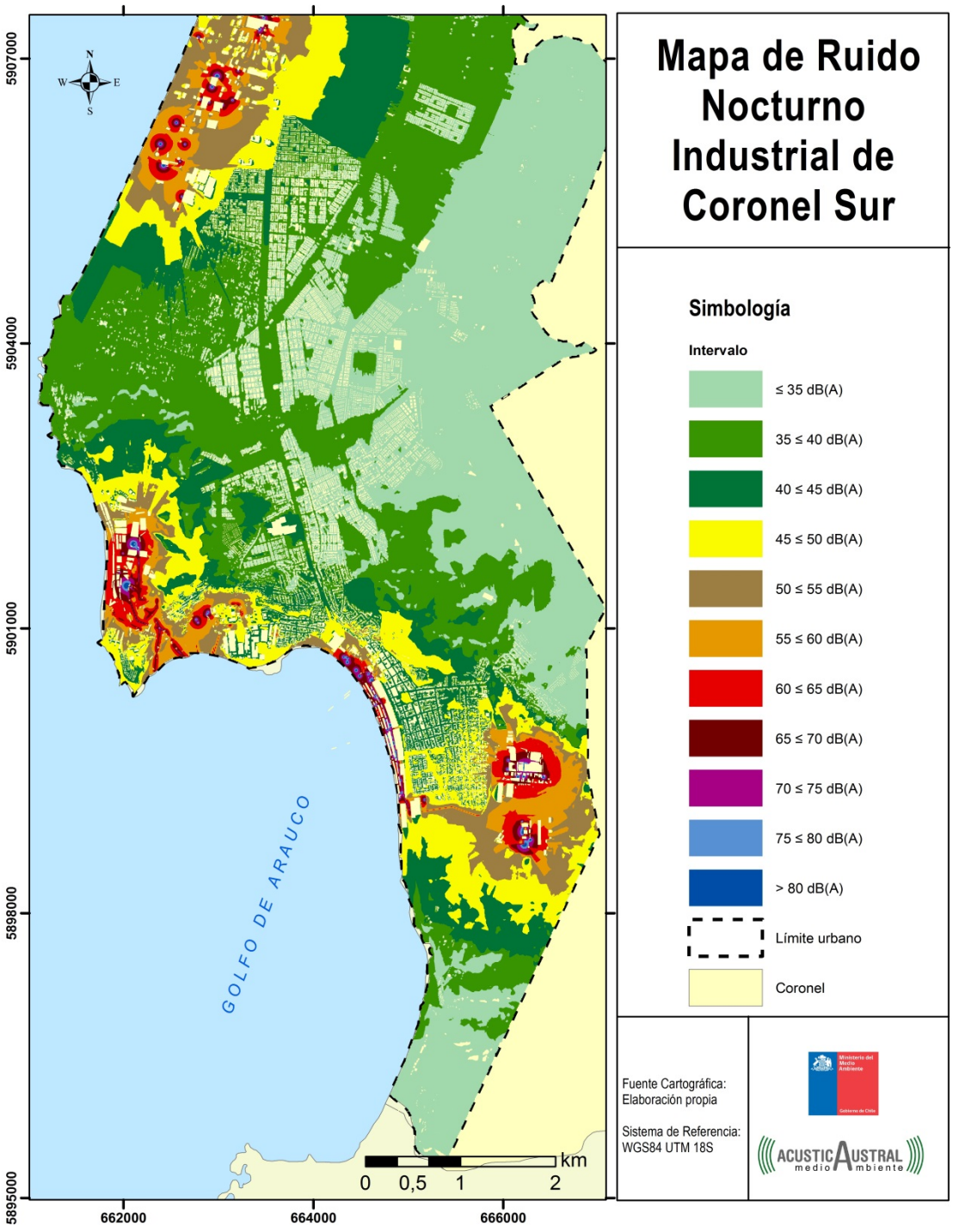


Figura 58: Mapa de ruido actividad productiva e Industrial en periodo nocturno, Zona Sur. Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Mapas de Ruido Tráfico Vehicular de Coronel

El mapa de ruido se ha generado con el análisis de los datos de la campaña 2015, según el tipo de vía y con o sin locomoción colectiva mayor (Buses urbanos), utilizando como dato de entrada la media recortada al 5% para cada categoría, tanto para la cantidad de vehículos totales como para el porcentaje de vehículos pesados respecto del total, según se indica en las tablas 28 y 29 (periodo diurno) y tablas 30 y 31 (periodo nocturno).

Además, se utiliza el modelo de predicción de ruido de tráfico vehicular, STL-86, previa validación técnica, según se muestra en extenso en ítem 4.2.1.

4.2.1 Elección del modelo de predicción de ruido de tráfico vehicular utilizado en Coronel

En estudios anteriores [CONAMA 2009] [CONAMA 2010] [MMA 2015] [Álvarez, et. al 2008], [Álvarez 2010], [Álvarez, et. al 2014], donde se ha analizado el comportamiento de diferentes modelos (STL-86, RLS-90, CoRTN y Nórdico) para predecir el nivel de ruido que se genera producto del tráfico de vehículos por una vía, ha sido posible establecer que los modelos se ajustan bien.

Sin embargo, en el presente estudio se realiza un análisis similar al mencionado [Álvarez, et. al 2014] para el caso particular de la comuna de Coronel, lo cual permitió fundamentar técnicamente la elección del modelo de predicción utilizado en la generación de los correspondientes mapas de ruido. Los modelos de predicción de ruido analizados fueron el modelo alemán RLS-90, Nórdico y STL-86.

A continuación se muestran los resultados obtenidos entre los niveles proyectados y los niveles medidos en la comuna.

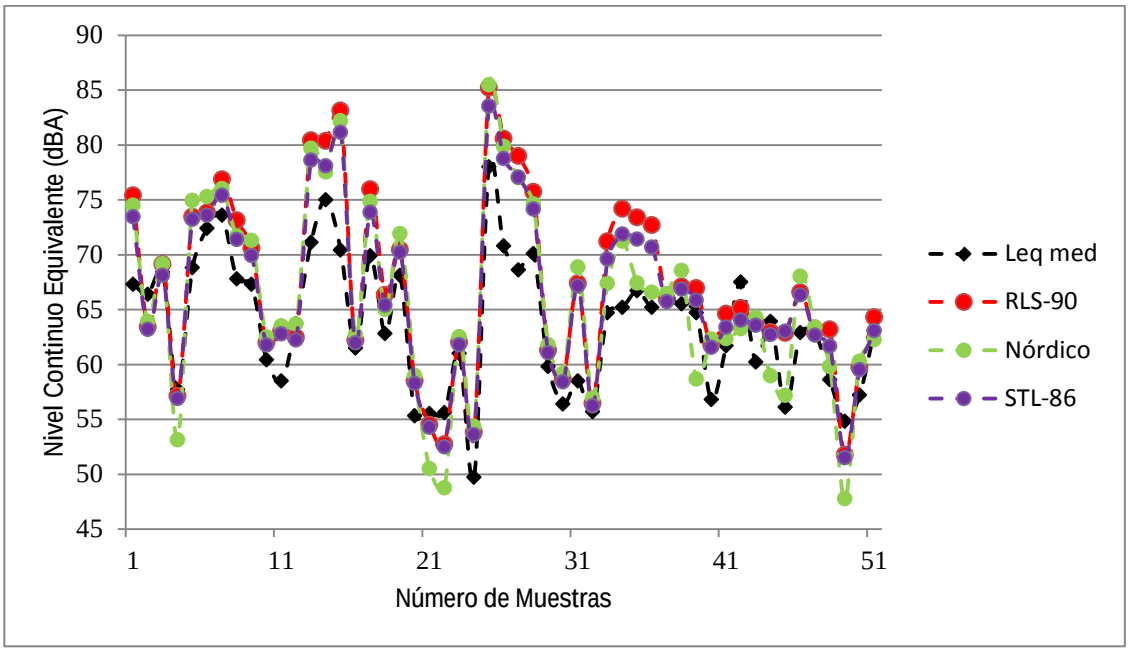


Figura 59: Curvas de los niveles medidos y proyectados para la comuna urbana de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 33, se muestra un resumen de los datos obtenidos para la comuna urbana de Coronel.

Tabla 33: Resumen resultados obtenidos comuna urbana Coronel.

	RLS-90	Nórdico	STL-86
Promedio Error Absoluto (dBA)	4,17	3,95	3,39
Desviación Estándar (dBA)	3,13	2,75	2,48
% Puntos <1 dBA	13,5%	13,5%	15,4%
% Puntos <3 dBA	44,2%	44,2%	46,2%
% Puntos sobreestimación	84,6%	80,8%	76,9%
% Puntos subestimación	15,4%	19,2%	23,1%
Coeficiente R Pearson	0,89	0,89	0,91

Fuente: Elaboración Propia

Los tres modelos presentan coeficiente de regresión altamente significativos, con errores estándar de medición similares, variando entre 4,17 y 3,39 dBA. En relación al grado de explicación (R^2) de cada modelo sobre el valor medido, el STL-86 alcanza un 82,2% de explicación, seguido por el RLS-90 con un 79,9% y luego el Nórdico con un 78,5%.

Se concluye que los tres modelos presentan coeficientes R Pearson muy similares, acercándose a una correlación positiva perfecta (valores muy cercanos a R=1). Además, respecto a la sobreestimación de niveles, el RLS-90 alcanza un 84,6%, seguido del Nórdico con un 80,8% y finalmente el STL-86 con un 76,9%. Por lo tanto, el modelo que representa de mejor forma la situación actual de ruido originado por el tráfico vehicular de la comuna de Coronel es el suizo STL-86.

A continuación, se presentan los mapas de ruido producto del tráfico vehicular presente en la comuna separados para período diurno y nocturno, cada uno para los sectores Norte y Sur de la comuna. Además de los resultados para la superficie total (Norte y Sur) de la comuna expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA, a través de gráficos para los periodos diurno (07:00-21:00 hrs.) y nocturno (21:00-07:00 hrs.) de forma separada.

4.2.2 Mapas de ruido tráfico vehicular de Coronel en periodo diurno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en Zona Norte y Sur producto del tráfico vehicular presente en la comuna para el periodo diurno.

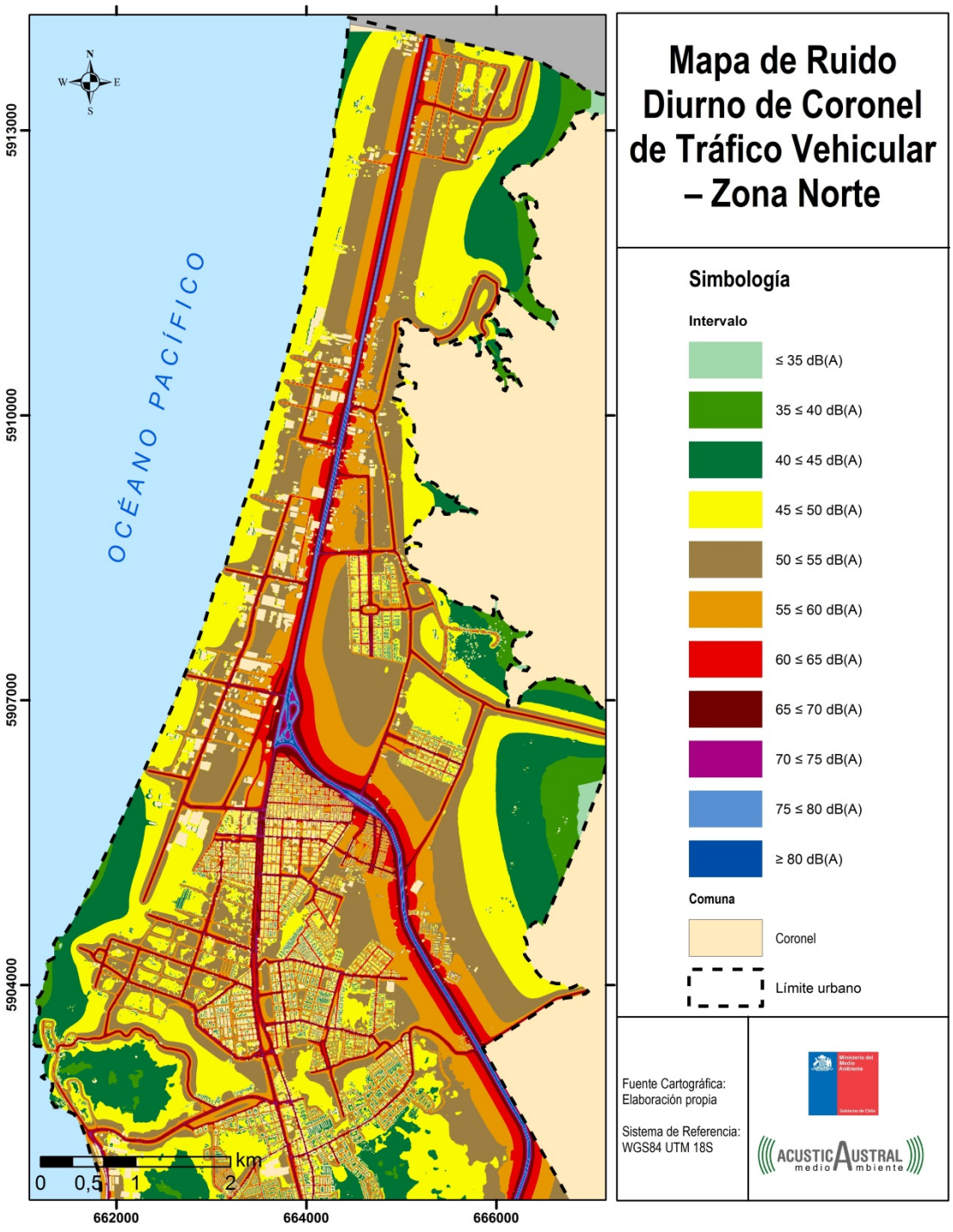


Figura 60: Mapa de ruido tráfico vehicular en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

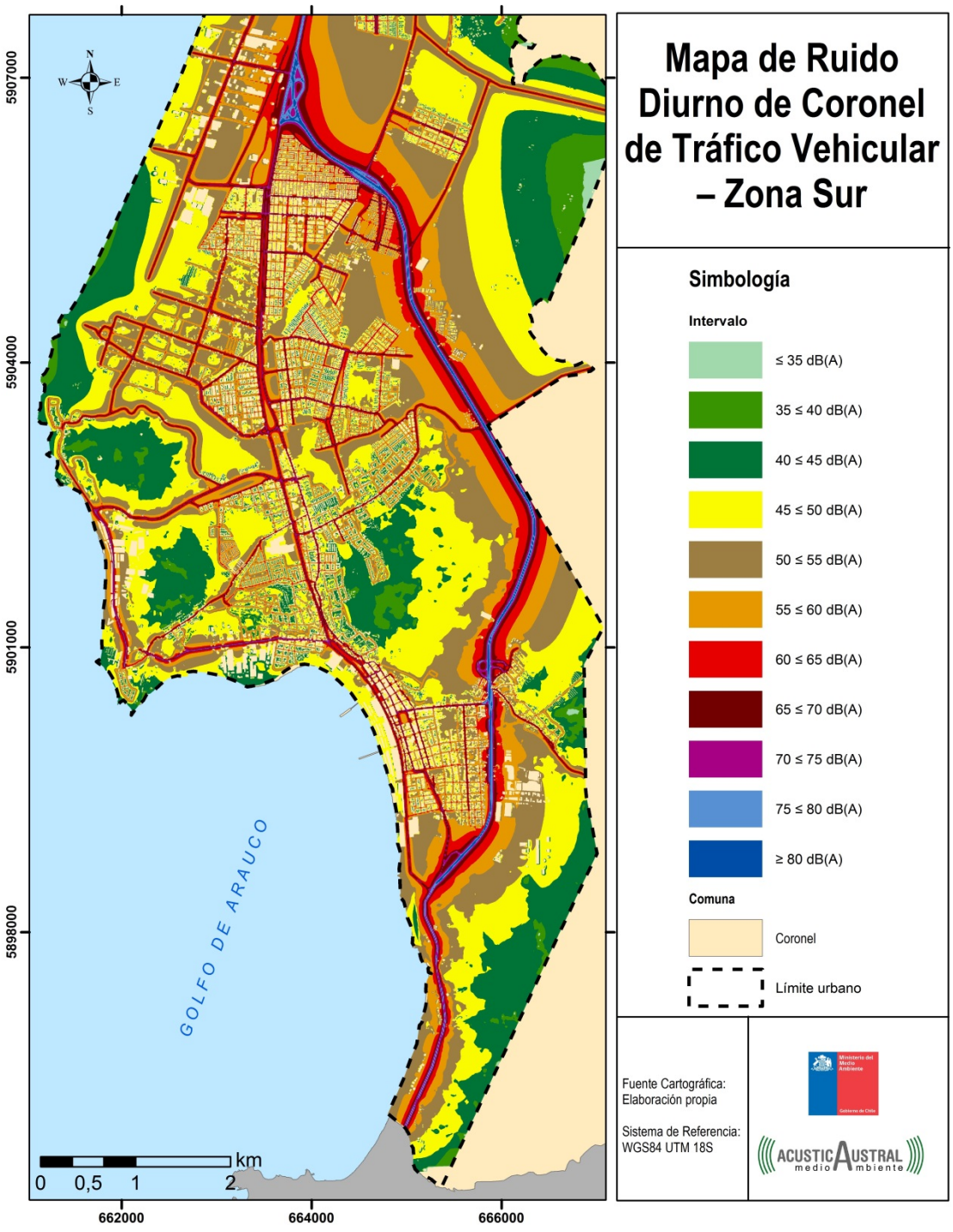


Figura 61: Mapa de ruido tráfico vehicular en período diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe destacar que los niveles más elevados se concentran en torno al eje principal compuesto por la Ruta 160 y el By-Pass Ruta 160, ambas categorizadas como Expresa, con niveles sobre los 65 dBA en las zonas aledañas a ella, alcanzando inclusive niveles, en algunos tramos de 70 dBA representado en el mapa con el color azul.

Otro de los ejes viales principales que presenta niveles de ruido entorno a los 60 dBA (color rojo), utilizado por el tráfico industrial (alto flujo de camiones de 2 o más ejes) para acceder al sector de Puchoco, distrito Schwager, está conformado por las calles Juan A. Ríos-Carlos Pratt González-Héroes de la Concepción-Arenas Blancas-Pedro Aguirre Cerda-Costanera. Este flujo industrial (flujo de camiones) radica en la obligatoriedad de circulación para este tipo de vehículo que se dirigen hacia las astilladoras y pesqueras del sector de Lo Rojas viniendo desde el Norte para cargar y descarga de materia prima y/o producto terminado.

El eje vial, acceso Sur a la comuna, compuesto por el empalme camino a Lota-Bannen-Costanera presenta niveles sobre los 60 dBA en el entorno inmediato representado con color rojo, eje vial utilizado para acceder al Puerto de Coronel para la carga y descarga de materia prima y/o producto terminado.

Otro eje vial importante que recorre la comuna es la calle Manuel Montt, la cual comienza en la Ruta 160 intersectándose (termina) con calle Lota y Sotomayor, presentando en algunos tramos flujos exclusivos de buses urbanos (micros) con niveles entorno a los 60 dBA.

Dentro del casco céntrico de la comuna, destaca la vía Lautaro que presenta conectividad desde el centro al oriente, By-Pass Ruta 160, con un elevado número de taxis-colectivos transitando por ella. Además en esta calle se encuentra el Hospital San José de Coronel.

4.2.3 Mapas de Ruido tráfico vehicular de Coronel en periodo nocturno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en zona norte y sur producto del tráfico vehicular presente en la comuna para el periodo nocturno.

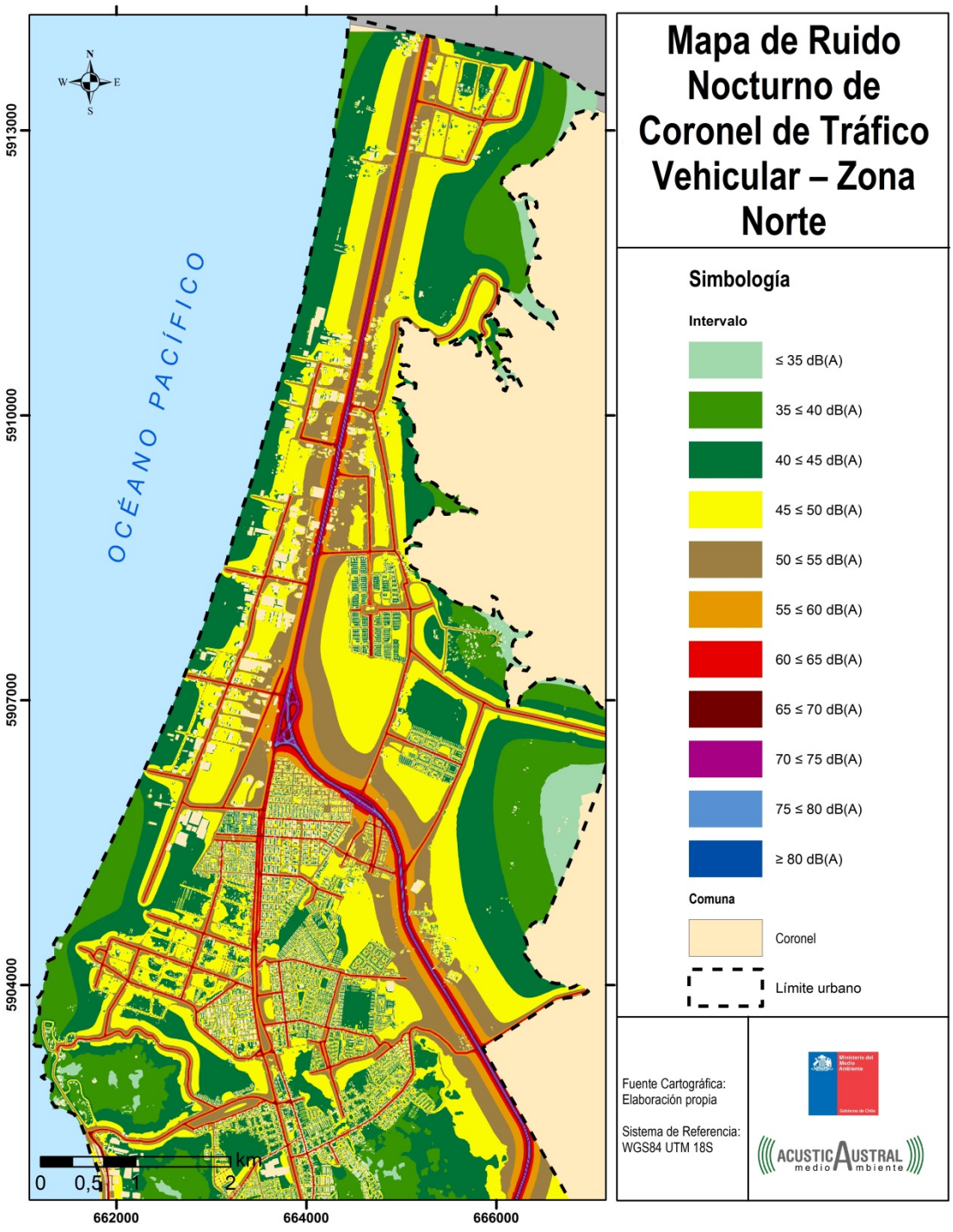


Figura 62: Mapa de ruido tráfico vehicular en período nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

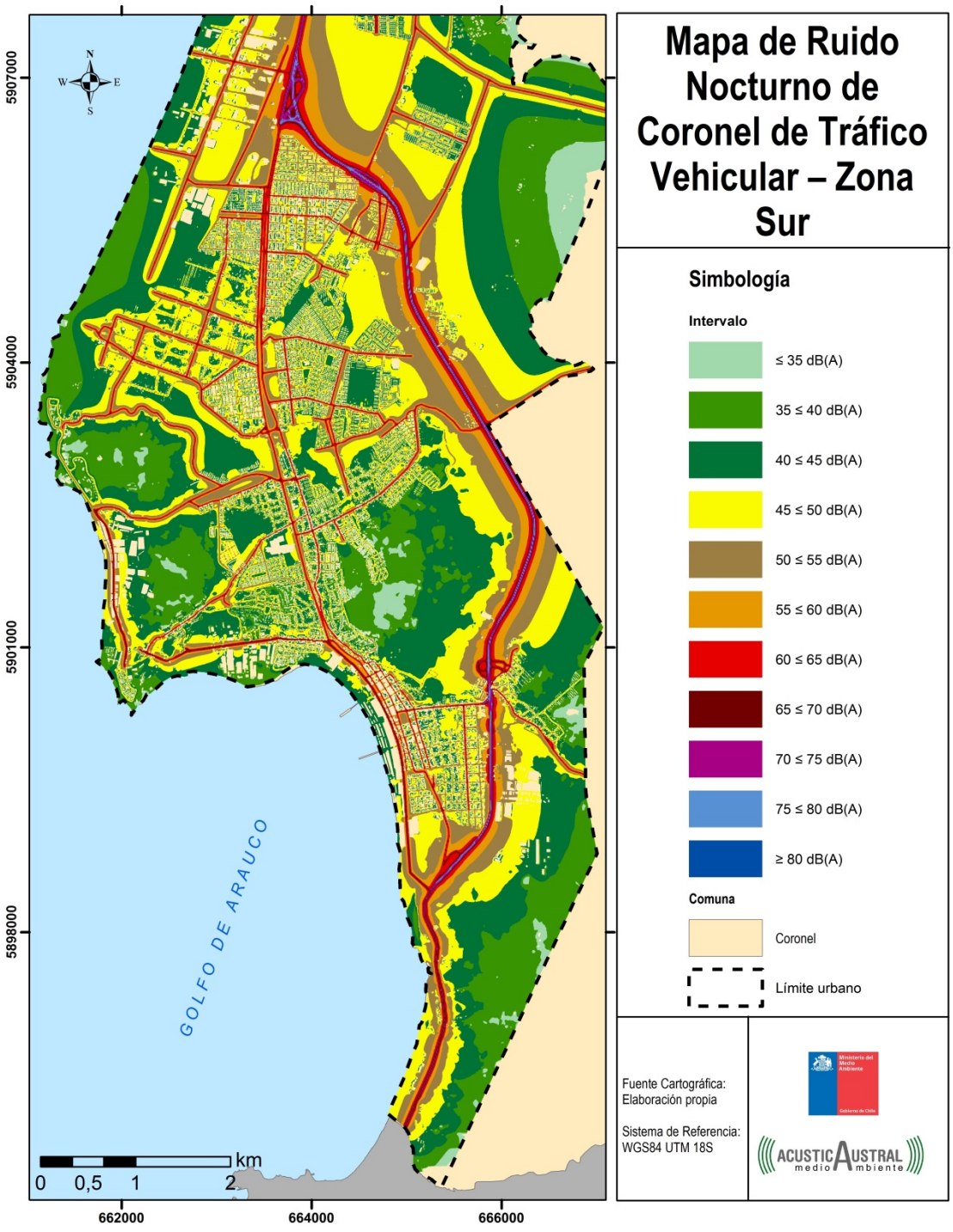


Figura 63: Mapa de ruido tráfico vehicular en período nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Para el periodo nocturno, los niveles más elevados se concentran también entorno al eje principal compuesto por la Ruta 160 y el By-Pass Ruta 160, ambas categorizadas como vías Expresa, pero con niveles menores respecto del periodo diurno, intervalos entre 55 y 60 dBA (color ocre), y 60 y 65 dBA (color rojo).

Cabe destacar que los niveles de ruido importantes se siguen concentrando, pero en menor magnitud respecto del periodo diurno, intervalo entre 50 y 55 dBA representado en color ocre, en el entorno más próximo al eje vial, Héroes de la Concepción-Arenas Blancas-Pedro Aguirre Cerda, acceso Norte al sector de Puchoco. Este eje vial que alberga al flujo industrial (flujo de camiones) proveniente del norte, presenta la obligatoriedad de circulación para este tipo de vehículo que se dirigen hacia las astilladoras y pesqueras del sector de Puchoco y Lo Rojas respectivamente para carga y descarga de materia prima y/o producto terminado.

El eje vial, acceso Sur a la comuna, compuesto por el empalme camino a Lota-Bannen-Costanera presenta niveles en el intervalo comprendido entre 55 y 60 dBA en el entorno inmediato representado con color ocre, eje vial utilizado para acceder al Puerto de Coronel para la carga y descarga de materia prima y/o producto terminado.

Dentro del casco céntrico de la comuna, las vías generan niveles entorno al rango comprendido de 45 y 50 dBA (color amarillo), destacando la calle Lautaro en el intervalo 50 y 55 dBA (color café en el mapa) que presenta conectividad desde el centro al oriente de la comuna.

4.3 Mapas de Ruido Tráfico Industrial de Coronel

A continuación, se presentan los mapas de ruido de producto del tráfico vehicular industrial presente en la comuna para el período diurno y nocturno separadamente. Es importante indicar que este flujo, obedece a considerar sólo al tránsito de camiones de 2 o más ejes dentro de la comuna, toda vez que son éstos, los únicos tipos de vehículos claramente distinguibles y atribuibles a la industria presente en Coronel.

4.3.1 Mapas de ruido tráfico industrial de Coronel en periodo diurno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en zona norte y sur producto del tráfico industrial presente en la comuna para el periodo diurno.

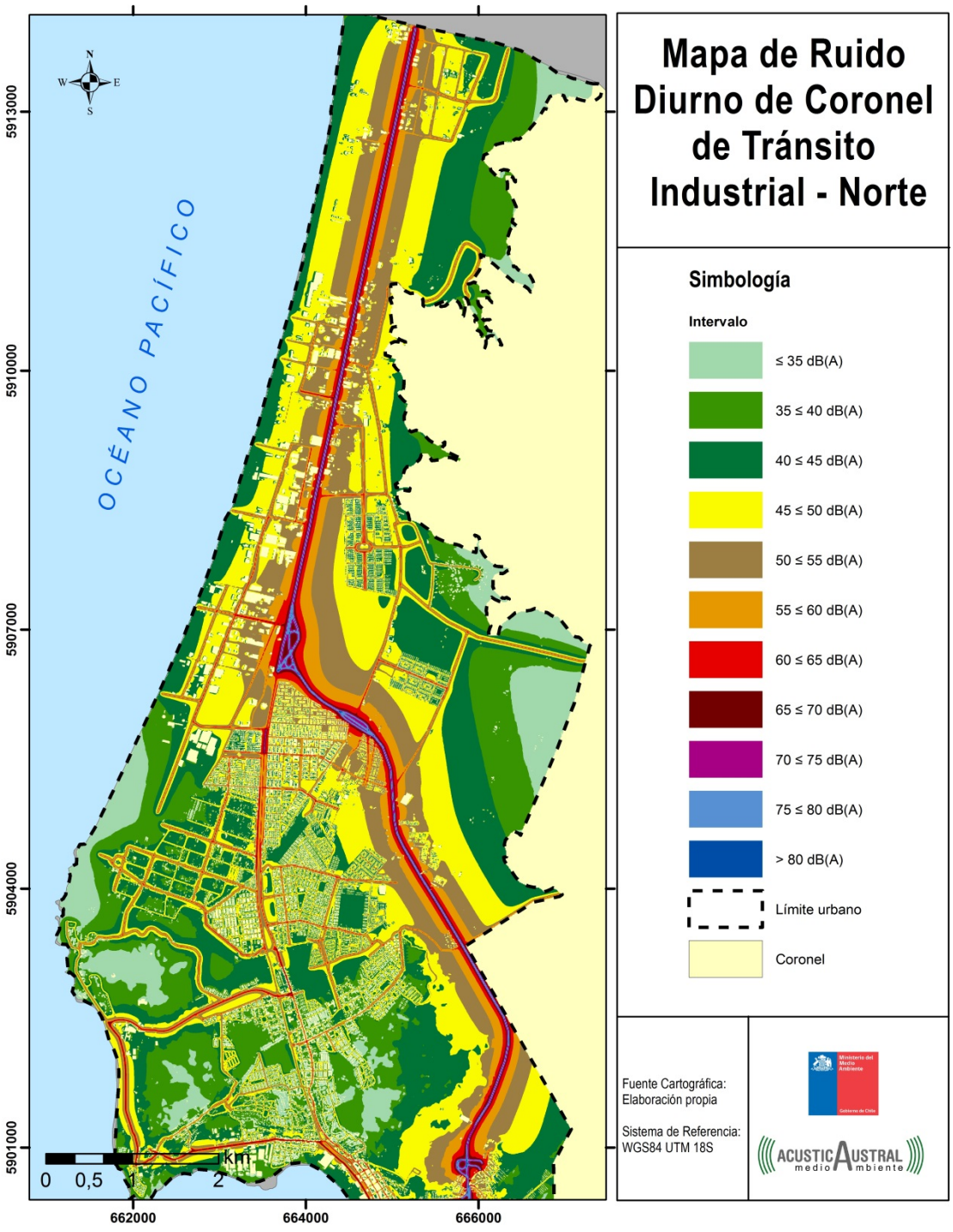


Figura 64*:* Mapa de ruido tránsito industrial en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

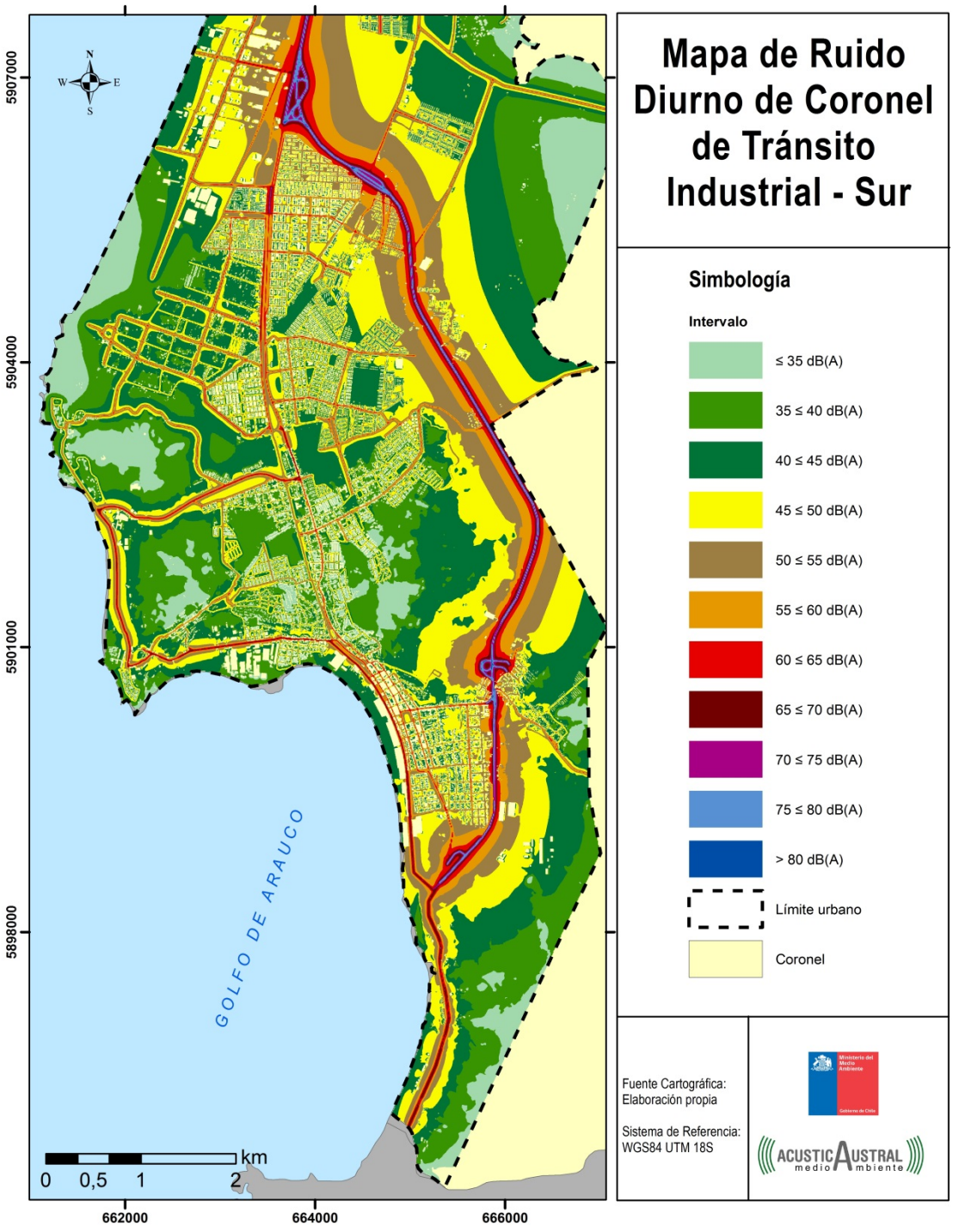


Figura 65: Mapa de ruido tránsito industrial en período diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe destacar que los niveles más importante producto del tráfico vehicular industrial, asociado a la circulación de camiones de 2 o más ejes dentro de la comuna urbana de Coronel se presenta en los ejes viales de acceso, como son; por el norte el eje Ruta 160-Manuel Montt-Juan A. Ríos-Carlos Pratt González y por el sur empalme camino a Lota-Bannen-Costanera y el By Pass Ruta 160 generando niveles en su entorno inmediato en el rango entre 60 y 65 dBA (color rojo en el mapa).

Adicionalmente, el eje vial de acceso obligatorio por el Norte para los camiones que tienen como destino las astilladoras, pesqueras y puerto de la ciudad en los sectores de Puchoco, caleta Lo Rojas y bahía respectivamente, eje Héroes de la Concepción-Arenas Blancas-Pedro Aguirre Cerda-Costanera, concentra niveles de ruido en el intervalo entre 50 y 55 dBA representado en el mapa mediante color café.

4.3.2 Mapas de Ruido tráfico industrial de Coronel en periodo nocturno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en zona norte y sur producto del tráfico industrial presente en la comuna para el periodo nocturno.

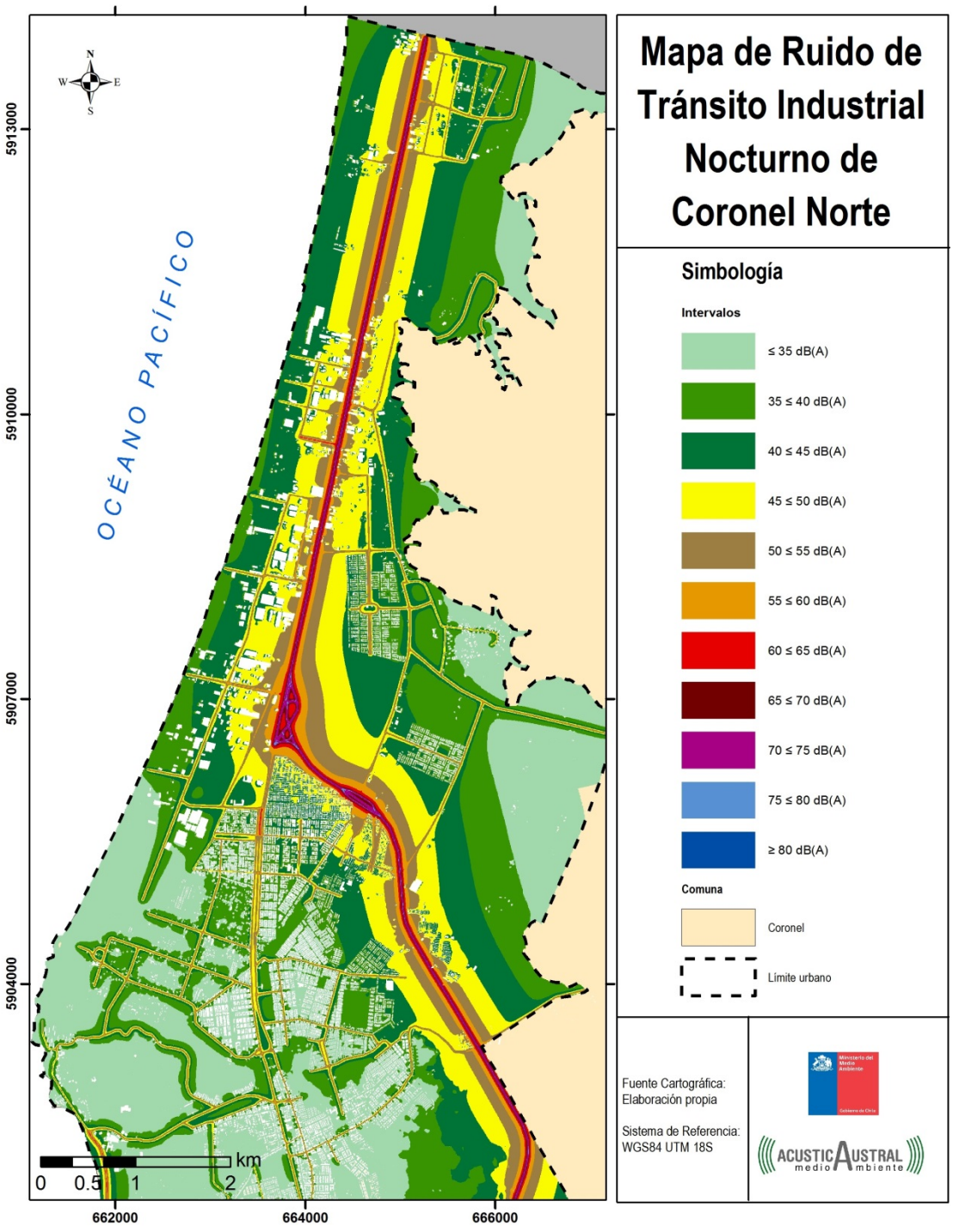


Figura 66: Mapa de ruido tránsito industrial en período nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

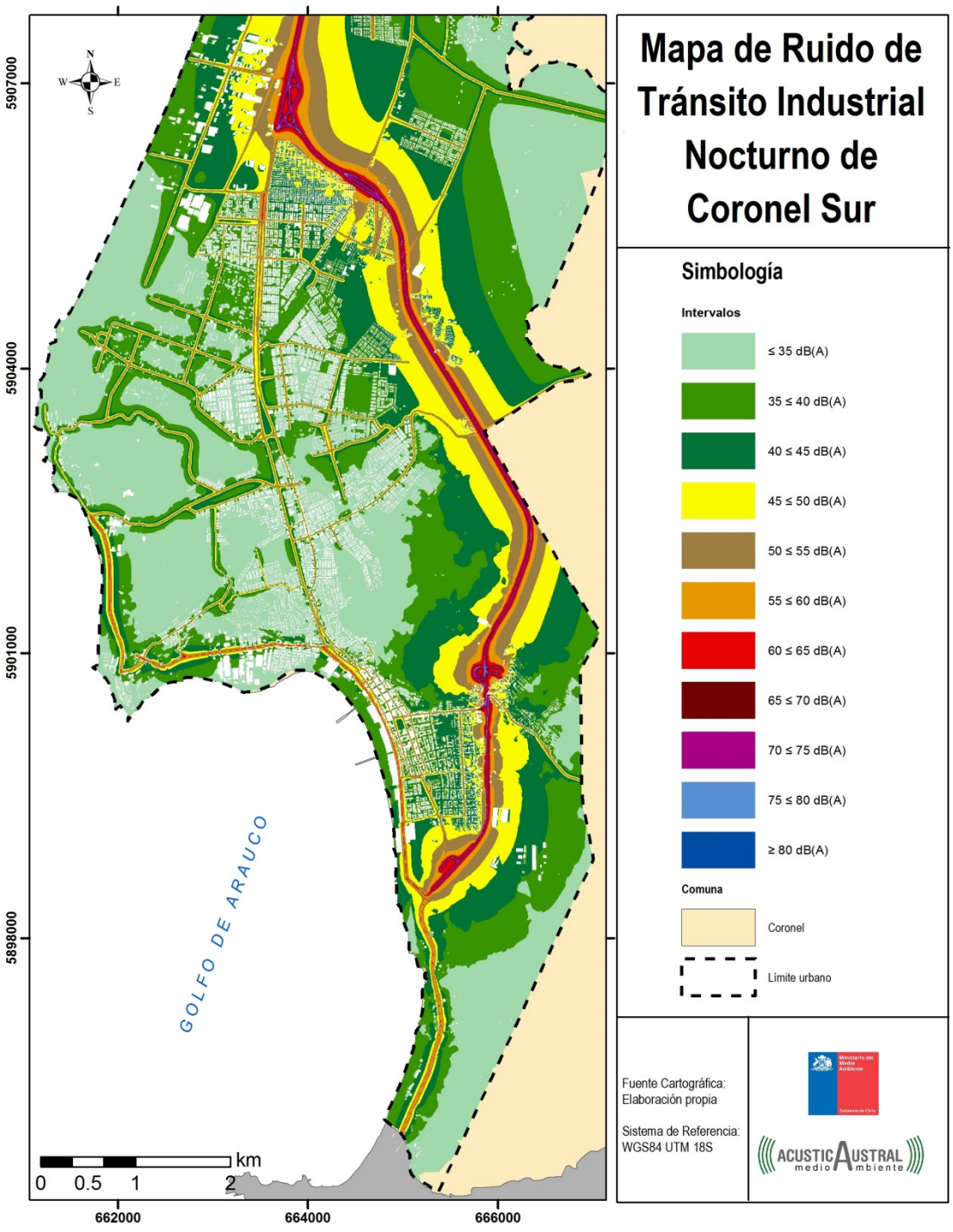


Figura 67: Mapa de ruido tránsito industrial en período nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe destacar que los niveles más importantes, intervalo 60-65 dBA (color rojo), se siguen concentrando en torno a los ejes viales de acceso a la ciudad, como son; por el norte el eje Ruta 160-Manuel Montt-Juan A. Ríos-Carlos Pratt González, y por el sur Empalme al camino a Lota-Bannen-Costanera y el By Pass Ruta 160. Por otro lado, el eje vial de acceso al sector de Puchoco, donde se encuentran las astilladoras, eje Héroes de la Concepción-Arenas Blancas-Costanera, presenta una disminución de niveles de ruido respecto del periodo diurno encontrándose éstos en el intervalo 50-55 dBA representado en el mapa mediante el color café. Cabe destacar que son estos ejes los utilizados por el tráfico industrial para transportar materias primas o producto terminado hacia y desde Coronel.

4.4 Mapas de Ruido Tráfico ferroviario de Coronel

A continuación, se presentan los mapas de ruido producto del tráfico ferroviario separados en sector Norte y Sur y por periodos (diurno y nocturno), lo cual obedece a considerar los flujos de las dos categorías de trenes (Biotren y de Carga) en sus respectivos periodos horarios. Además se muestra los resultados por intervalos de ruido cada 5 dBA mediante gráficos para ambos periodos separadamente.

Es relevante precisar que estos mapas no incorporan las situaciones donde ambos tipos de tren, deben hacer uso de su bocina en las proximidades de los cruces, sino más bien representan la circulación de ellos a través de las líneas ferroviarias.

4.4.1 Mapas de Ruido tráfico ferroviario de Coronel en periodo diurno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en Zona Norte y Sur producto del tráfico de trenes presente en la comuna para el periodo diurno.

Los principales niveles de ruido se localizan próximos a la extensión de la línea ferroviaria, la cual proviene de Concepción y se extiende hacia el sur, en dirección a Laraquete. Eso sí, la utilización de la línea ferroviaria que se desplaza hacia el sur de la comuna de Coronel es utilizada por el tren de carga, toda vez que el Biotren terminará su circulación en la comuna de Coronel, específicamente en la estación Intermodal.

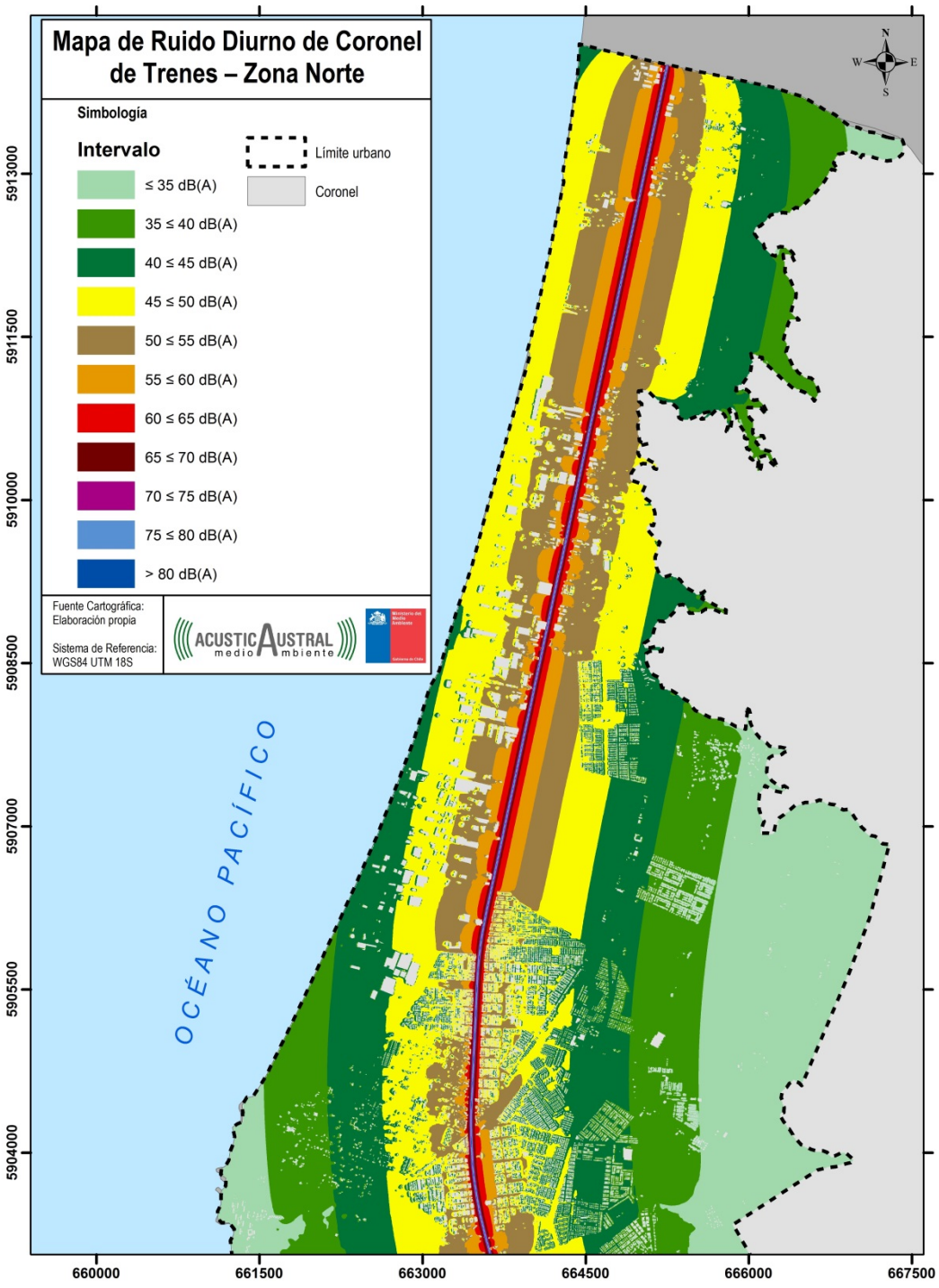


Figura 68: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

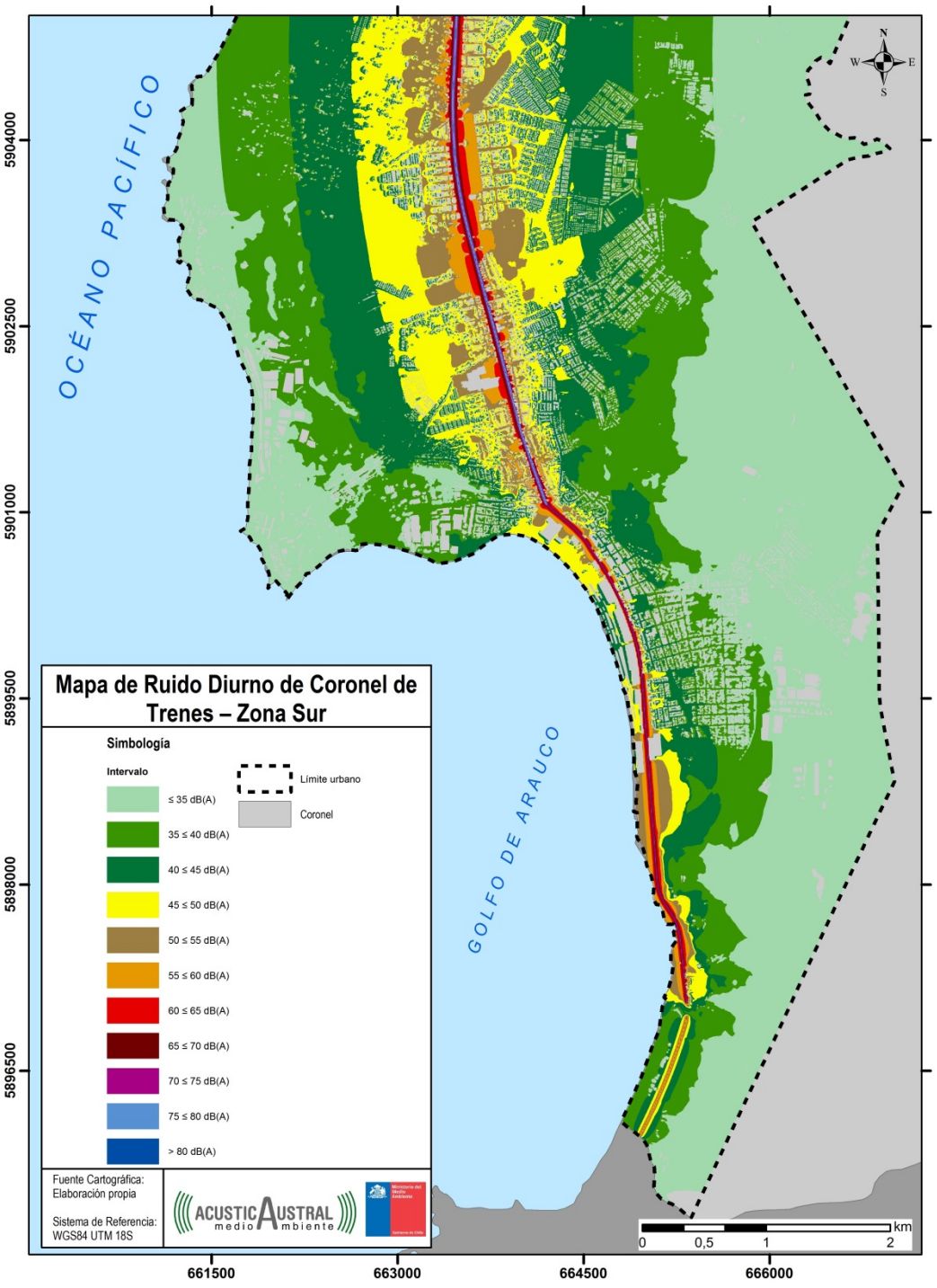


Figura 69: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

En el mapa de ruido del periodo diurno, tanto de la zona Norte como Sur se observan niveles importantes alcanzando incluso el rango del intervalo 65-70 dBA en el área más próxima donde se encuentran potenciales edificaciones. Si bien, la circulación de ambos tipos de tren (Biotren y Tren de carga) por la línea ferroviaria se realiza a velocidades bajas, en el entorno a toda su extensión se observan niveles en el intervalo 60-65 dBA como nivel de ruido base generada por esta fuente móvil.

4.4.2 Mapas de Ruido tráfico ferroviario de Coronel en periodo nocturno

A continuación, se presentan mapas de ruido separados en zona norte y sur producto del tráfico de trenes presente en la comuna para el periodo nocturno.

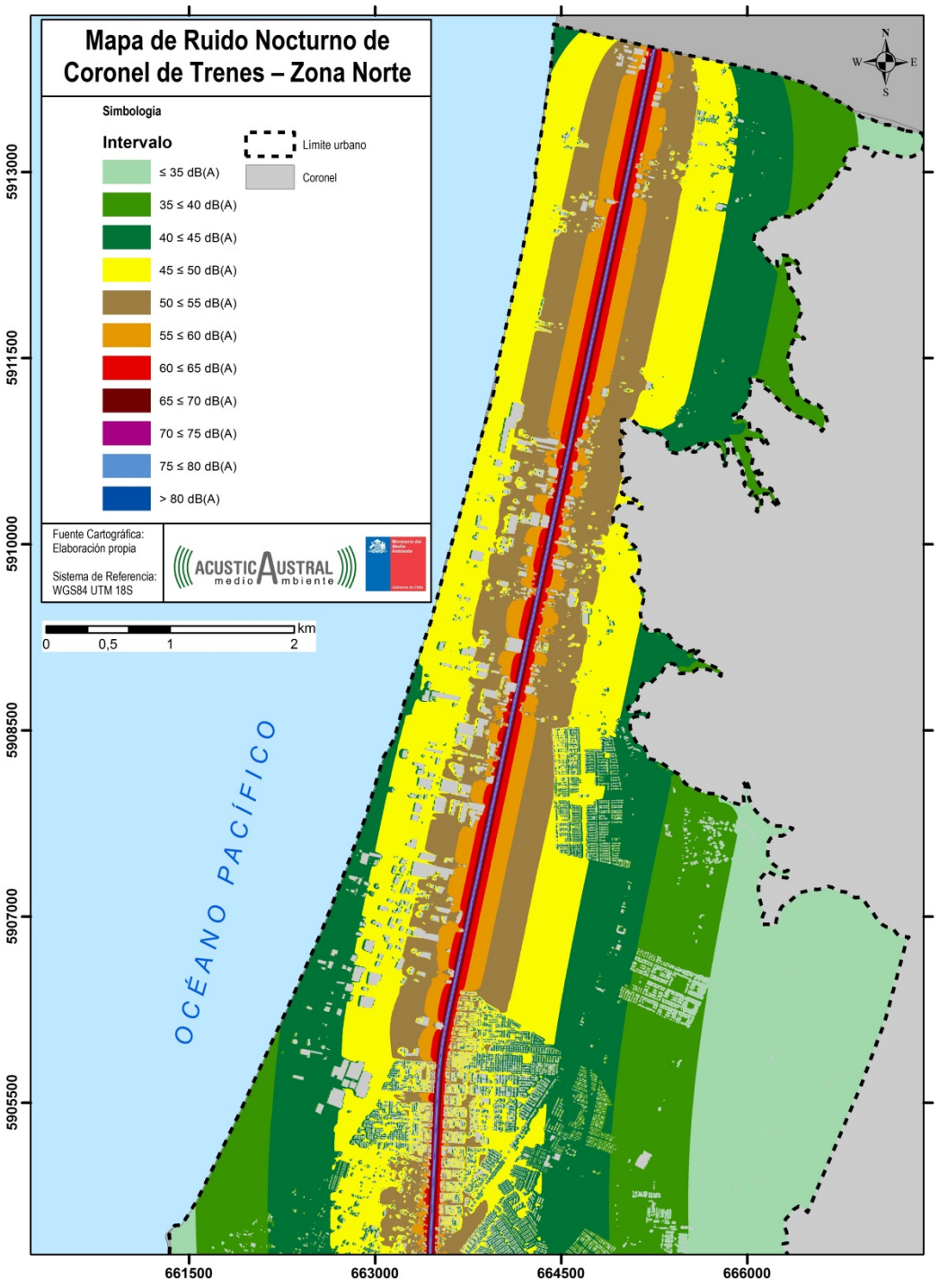


Figura 70: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

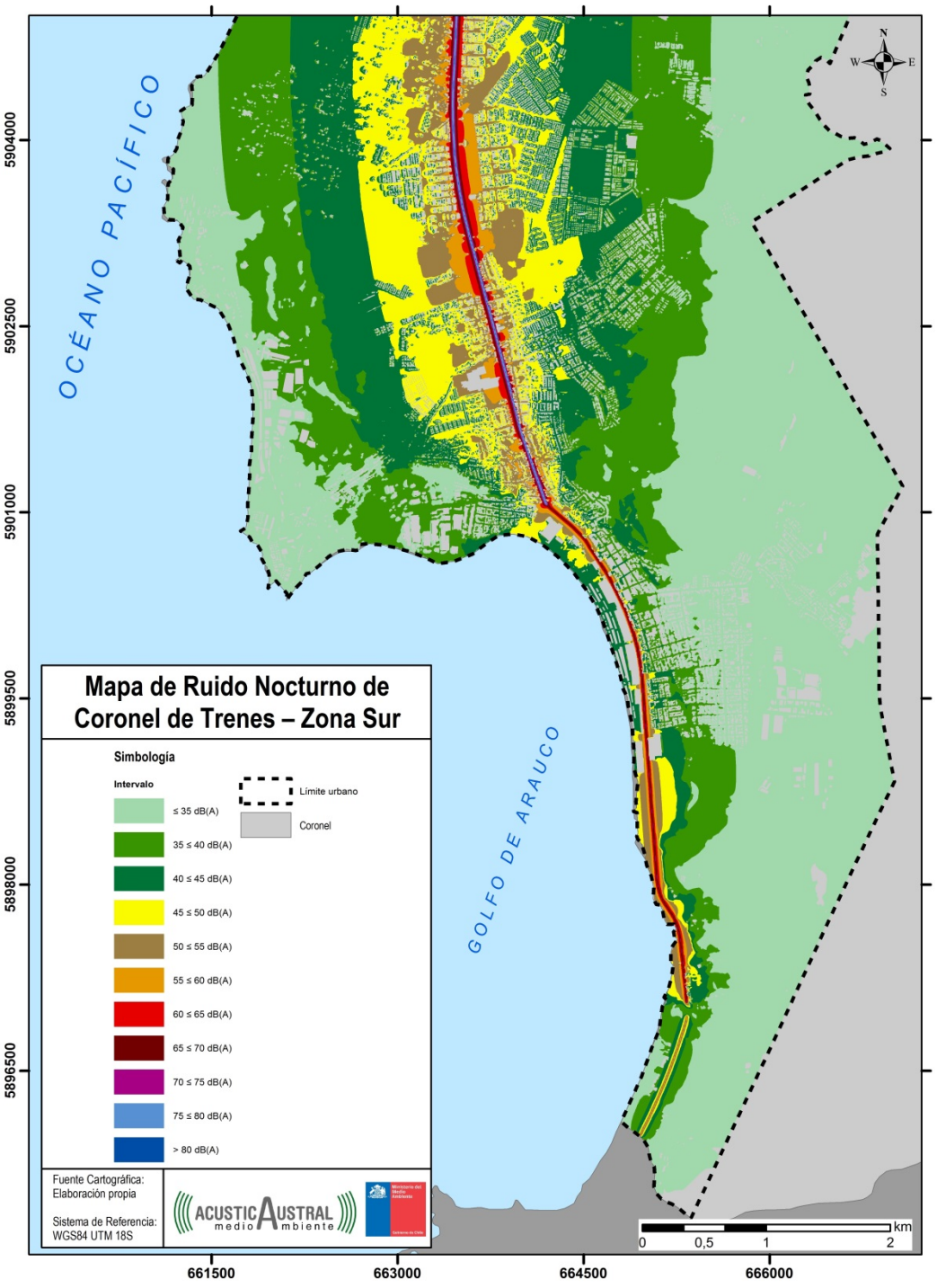


Figura 71: Mapa de ruido tráfico de trenes en periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

Los niveles de ruido prácticamente permanecen iguales a los observados para el periodo diurno, pese a una disminución de los flujos asociados al Biotren, principalmente. Se focalizan próximos al eje ferroviario entorno a los 60-65 dBA (color rojo). Si bien, el número de viajes para el Biotren disminuye, la frecuencia para el Tren de carga se mantiene similar, lo que se traduce en niveles similares para ambos periodos horarios. Las diferencias se observan en el entorno al último tramo de la línea ferroviaria que se encuentra en el límite comunal Sur de Coronel, debido a que en esa dirección (Laraquete) la frecuencia del Tren de Carga presenta una disminución importante respecto de los viajes considerados para el periodo diurno.

4.5 Mapas de Ruido Global de Coronel

A continuación, se muestran los mapas de ruido globales de Coronel, separados en zona Norte y Sur, y periodo horario (diurno y nocturno), siendo éstos el resultado de la contribución energética de todas las fuentes de ruido presente dentro del área urbana de Coronel, vale decir tráfico rodado (vehicular y ferroviario) y actividad productiva e industrial (fuente fija) en el periodo indicado.

4.5.1 Mapas de Ruido Global de Coronel en periodo diurno

A continuación, se presentan mapas de ruido en el periodo diurno separados en Zona Norte y Sur producto de la contribución de las fuentes de ruido (transporte terrestre y actividades productivas e industrial) presentes en la comuna para ese periodo.

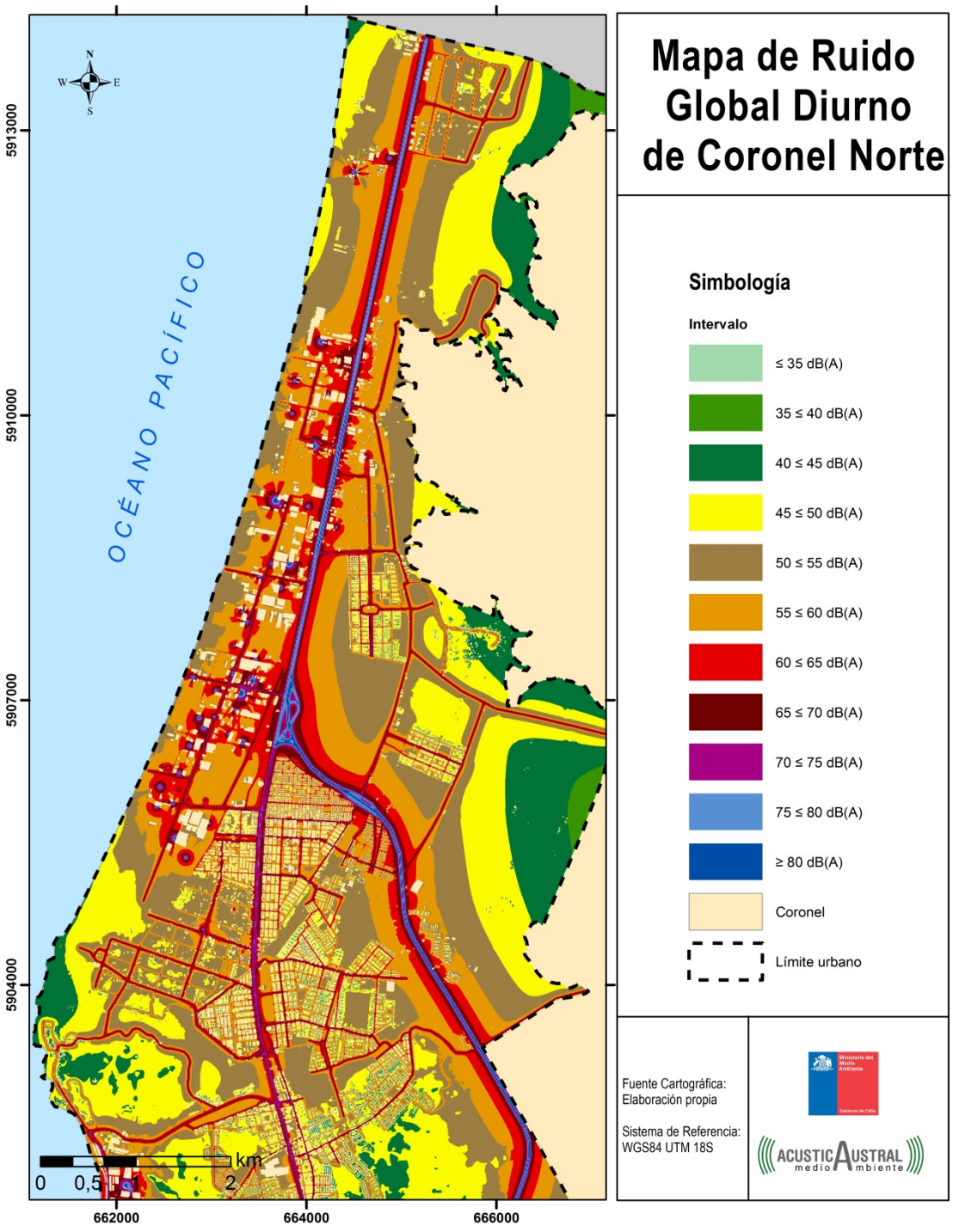


Figura 72: Mapa de ruido global en período diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

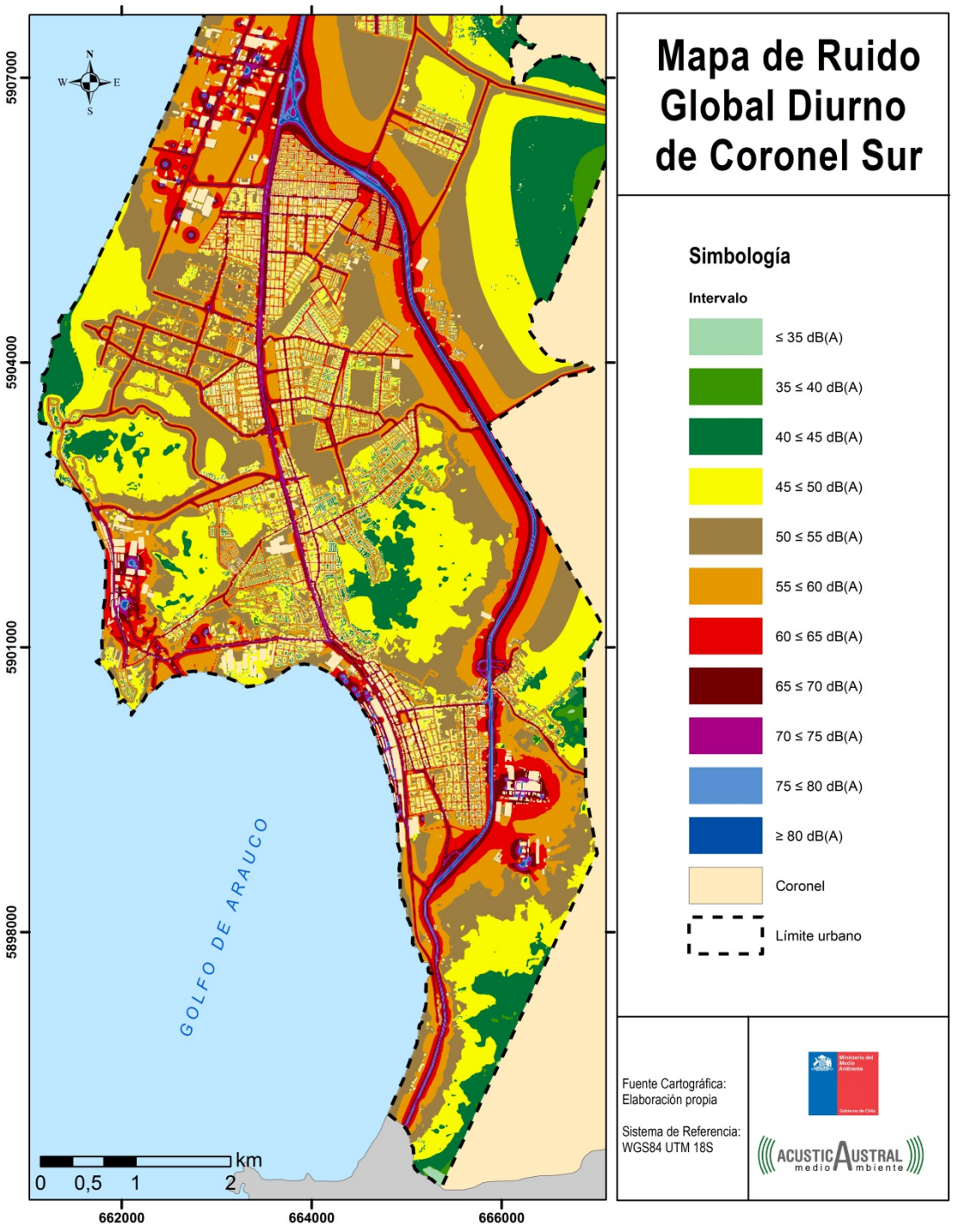


Figura 73: Mapa de ruido global en periodo diurno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

4.5.2 Mapas de Ruido Global de Coronel en periodo nocturno

A continuación, se presentan mapas de ruido en el periodo nocturno separados en Zona Norte y Sur producto de la contribución de las fuentes de ruido (transporte terrestre y actividades productivas e industrial) presentes en la comuna para ese periodo.

Cabe destacar, que los niveles de ruido se mantienen similares en las distintas zonas identificadas en el mapa de ruido diurno, pero con una disminución en cuanto a su magnitud. Los sectores donde se presenta esta disminución se concentran en los parques industriales de la zona norte de la comuna y en los ejes viales de la zona céntrica y accesos viales a la comuna. Las fuentes emisoras identificadas en los mapas precedentes, mapa de actividad productiva e industrial (ver figuras 55, 56 y 57, 58), mapa de tráfico vehicular (ver figuras 60, 61 y 62, 63) y mapa de tráfico ferroviario (ver figuras 68, 69 y 70, 71) como las causantes de los niveles elevados son similares, toda vez que este mapa no es más que la superposición de los mapas anteriormente descritos por periodo horario.

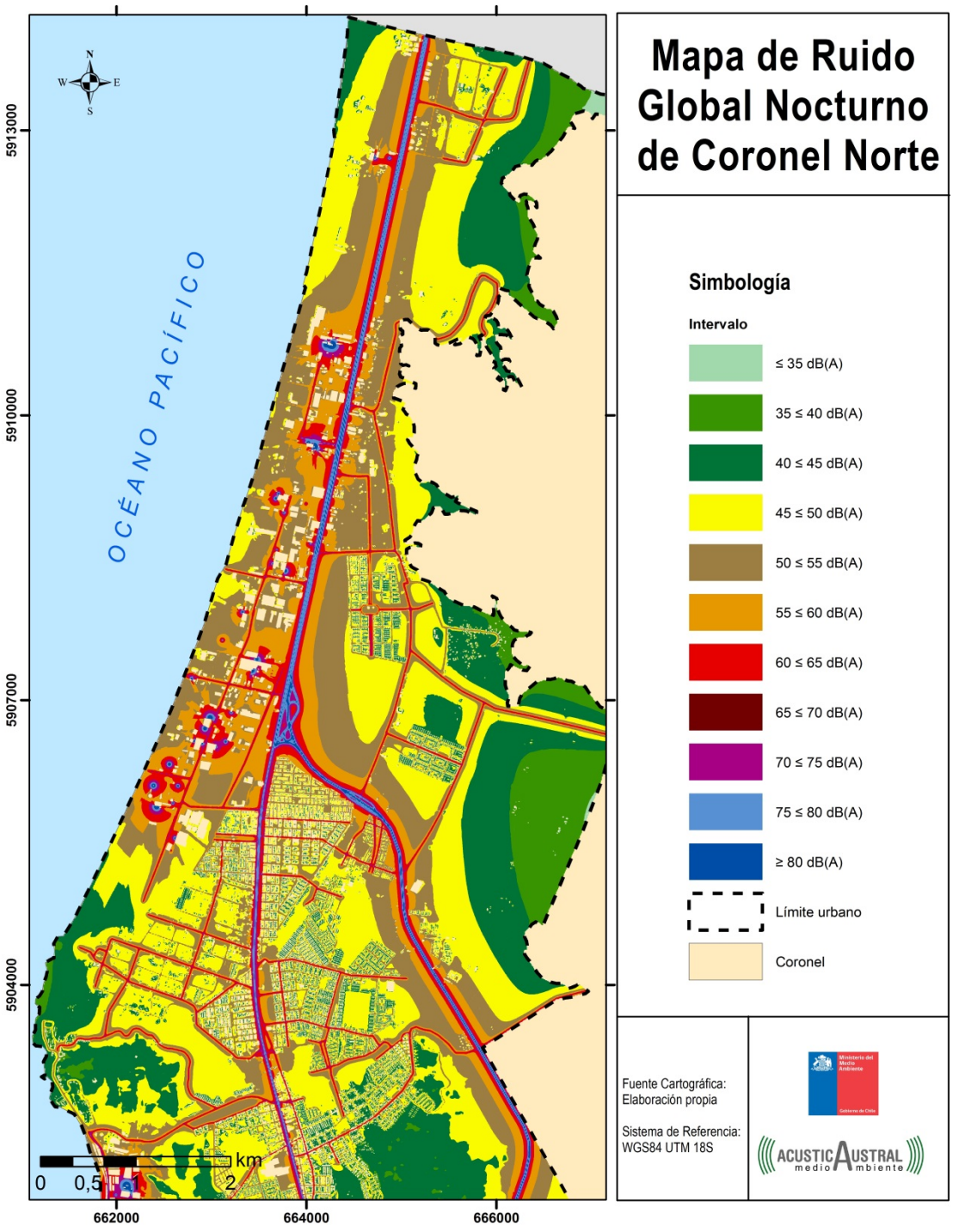


Figura 74: Mapa de ruido global en periodo nocturno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

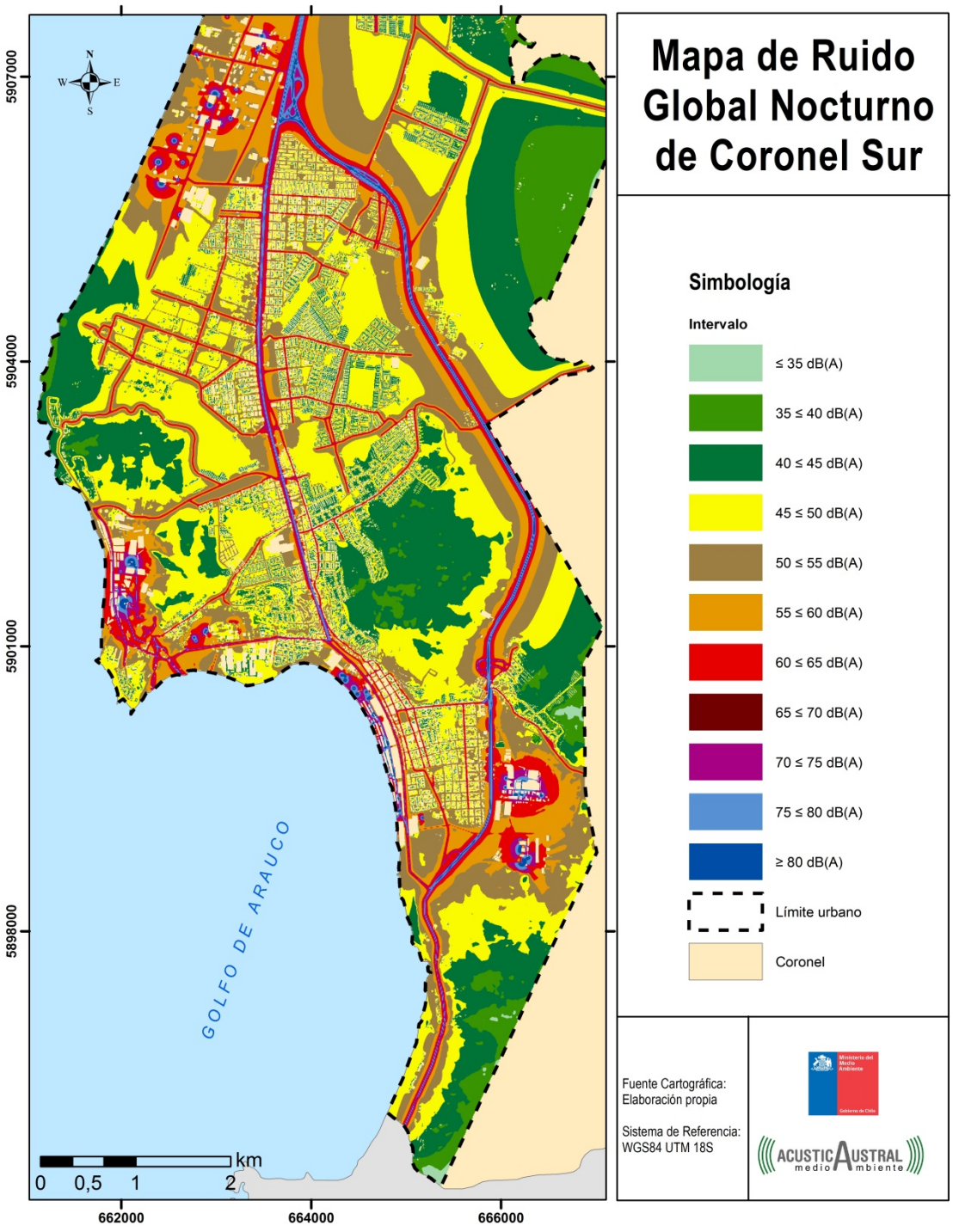


Figura 75: Mapa de ruido global en periodo nocturno, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración Propia.

5. RESULTADOS - ANÁLISIS SOCIO-ESPACIAL

En este capítulo se describen los principales aspectos del análisis acústico espacial y temporal, a partir de la información levantada y desarrollada, la cual fue presentada en los capítulos anteriores.

Respecto de la información y para efectos de análisis, se considera el cruce de diferentes coberturas con los resultados obtenidos de la modelación. Tal información corresponde, entre otras, a variables disponibles, como datos poblacionales, denuncias por ruidos, usos de suelo según PRC, o aquella que permite generar un análisis espacial de los resultados de los mapas de ruido de Coronel, con la finalidad de determinar los niveles de ruido a los cuales se ve expuesta la población, y/u otros que determine el equipo consultor.

En este capítulo se procede a entregar las evaluaciones de las fuentes fijas de ruido (actividades productivas, esparcimiento e industriales) realizadas mediante los procedimientos descritos en la Norma nacional vigente D.S. N° 38/2011 del MMA.

Nota: la evaluación de las emisiones de ruido de fuentes fijas, se entiende como un ejercicio de evaluación o presunción de cumplimiento/incumplimiento y en ningún caso se configura como una instancia de fiscalización, asunto que es materia de los organismos competentes, en este caso la Superintendencia del Medio Ambiente.

Para las fuentes móviles (transporte terrestre) se analizan los niveles modelados de acuerdo a valores límite de exposición al ruido. Para esto se considerará los criterios de evaluación establecidos por la OCDE [OCDE 1991] y por la Norma de referencia suiza, OPB 841.41 [OPB 1986] en ausencia de una Norma nacional para ello.

Además, se lleva a cabo para cumplir esta actividad, un análisis espacial, que permita determinar la población potencialmente expuesta al ruido ambiental, y exposición al ruido ambiental en establecimientos educacionales y de salud de acuerdo a criterio OCDE [OCDE 1991].

5.1 Evaluación de Fuentes Emisoras de Ruido con mediciones a través del D.S. N° 38/2011 del MMA

En este capítulo, se procede a entregar los resultados de la evaluación de las fuentes emisoras de ruido, reguladas por el D.S. N° 38/2011 del MMA, el cual las define como toda actividad productiva[14], comercial[15], de esparcimiento[16] y de servicios[17], faenas constructivas[18] y elementos de infraestructura (infraestructura de transporte[19], infraestructura sanitaria[20], infraestructura energética[21]). Esta normativa establece límites a

[14] instalaciones destinadas a desarrollar procesos de producción, procesamiento y/o transformación de productos finales, intermedios o materias primas, tales como industrias, depósitos, talleres, bodegas y similares; así como la extracción u obtención de productos provenientes de un predio, tales como actividades agrícolas, ganaderas, forestales, extractivas, mineras y similares.

[15] instalaciones destinadas principalmente a la compraventa de mercaderías, productos y/o servicios diversos.

[16] instalaciones destinadas principalmente a la recreación, el deporte, el ocio, la cultura y similares

[17] instalaciones destinadas principalmente al servicio, público o privado, de salud, de educación, de seguridad, social, comunitario, religioso, servicios profesionales, y similares

[18] actividades de construcción, reparación, modificación, alteración, reconstrucción o demolición, entre otros

[19] instalaciones tales como estaciones ferroviarias, terminales de transporte terrestre, recintos marítimos, portuarios y aeroportuarios, y similares. Se incluyen además los dispositivos asociados a las redes de infraestructura de transporte

[20] instalaciones tales como plantas de captación, tratamiento de agua potable o de aguas servidas, de aguas lluvia, rellenos sanitarios, estaciones exclusivas de transferencia de residuos, y similares; y redes tales como distribución de agua potable o de aguas servidas, evacuación de aguas lluvia, y similares

cumplir, de acuerdo al periodo horario (diurno y nocturno) y uso de suelo del lugar de emplazamiento del receptor, el cual es homologado mediante el respectivo Instrumento de Planificación Territorial (IPT), en este caso el PRC de Coronel.

La evaluación de las fuentes emisoras de ruido que se emplazan en un lugar fijo, se realiza en el lugar donde se encuentre el o los receptores vulnerables a la actividad mediante un descriptor llamado nivel de presión sonora corregido (NPC). Este descriptor es aquel nivel de presión sonora continuo equivalente (NPSeq ó Leq) con ponderación A, que resulta de aplicar el procedimiento de medición y las correcciones establecidas en la presente Norma.

5.1.1 Evaluación D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno

En esta sección se entregan los resultados de la evaluación de las fuentes emisoras para el periodo diurno, vale decir se compara el descriptor NPC, obtenido de aplicar las correcciones establecidas en la Norma a las mediciones (en caso de proceder) realizadas en las zonas Norte y Sur, con los límites establecidos por la Norma, de acuerdo a la zona donde se encuentre el receptor en evaluación.

Las tablas que se presentan para la evaluación contienen información relevante para cada receptor evaluado como son: coordenadas UTM, homologación de zona (área donde se encuentre el receptor), descriptor objeto de comparación (NPC), fuente emisora (empresa), proceso, maquinaria y/o equipo identificado en la medición, límite máximo permisible (de acuerdo a la zona donde se emplace) y el estado de cumplimiento de la fuente de ruido.

El emplazamiento de los puntos de evaluación entre el código P01 y P70, todos puntos de evaluación para la zona Norte de Coronel, específicamente para los parques industriales (Escuadrón I, II y Coronel) fueron presentados anteriormente en la figura 10.

El emplazamiento de los puntos de evaluación restantes comprendidos entre el código P74 y P79, puntos de evaluación para un sector de la zona Norte de Coronel, denominado Población Leandro Moreno, la cual alberga actividades productivas orientadas a la fabricación de panderetas y mueblería, entre otras se muestra en la figura 76.

[21] instalaciones de generación, distribución o almacenamiento de energía, combustibles o telecomunicaciones; y redes de distribución o conducción de energía, combustibles o telecomunicaciones

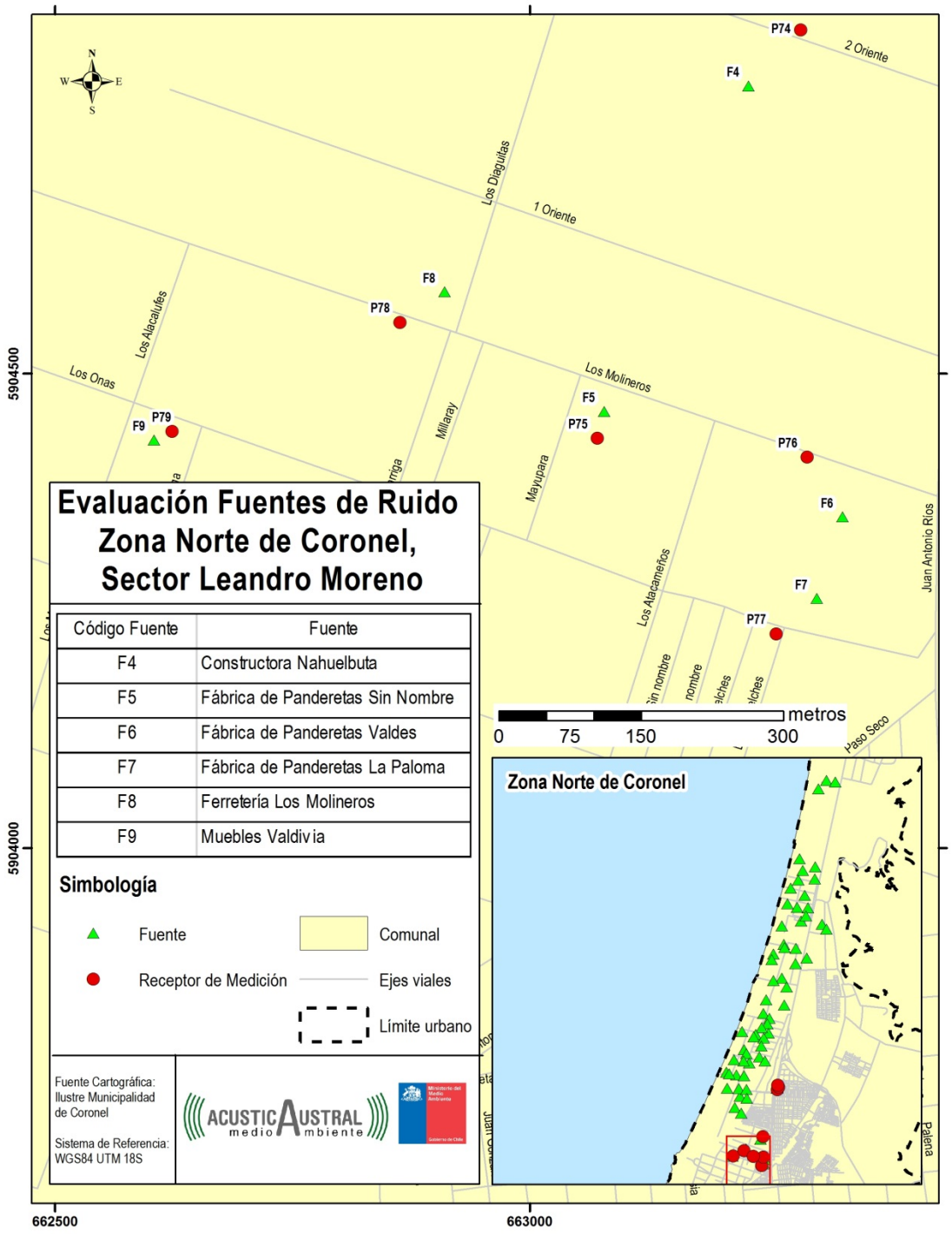


Figura 76: Distribución de puntos de medición sector Pob. Leandro Moreno, Coronel Norte. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la tabla 34 se entregan los resultados de la evaluación para el periodo diurno para la zona Norte.

Tabla 34: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno, Zona Norte de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC[22] (dBA)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P01	664555	5912582	ZE-1	II	67	Planta Áridos Lleu Lleu (Camiones)	60	Supera
P02	5912582	5912670	ZE-1	II	58	Polycarpo (Camiones)	60	No Supera
P03	664864	5912638	ZE-1	II	62	Hormigones Grau (Mesas Vibratoria)	60	Supera
P04	664231	5910539	ZAP-2	III	60	Termoeléctrica Enesa	65	No Supera
P05	664005	5910583	ZAP-1	III	55	Resinas Biobío (bombas) y Enesa	65	No Supera
P06	664112	5910415	ZAP-1	III	54	Metalmecánica (Esmeril Angular)	65	No Supera
P07	664263	5910271	ZAP-2	III	60	Coinfa (Fundición)	65	No Supera
P08	663986	5910315	ZAP-1	III	56	Planta Arenado	65	No Supera
P09	663894	5910095	ZAP-1	III	58	Prosesa (Refinadora de Aceite)	65	No Supera
P10	664230	5910020	ZAP-2	III	54	Galvanizadora Galva Ocho (Grúas Horquilla)	65	No Supera
P11	663989	5909922	ZAP-1	III	52	Metalmecánica Prosein	65	No Supera
P12	663931	5909751	ZAP-1	III	55	Oxiquim (Bombas, motores eléctricos, reactores, Torres de Enfriamiento, Venteo de Vapor)	65	No Supera
P13	664066	5909714	ZAP-1	III	70	Oxiquim (Torres Enfriamiento)	65	Supera
P14	663814	5909114	ZAP-1	III	59	Remanufactura de Madera (moldureras)	65	No Supera
P15	663695	5909085	ZAP-1	III	82	Noramco (Astillador)	65	Supera
P16	663607	5909191	ZAP-1	III	64	Noramco (Ciclones Silo de Aserrín)	65	No Supera
P17	663780	5909005	ZAP-1	III	63	Molino de Carozos	65	No Supera
P18	664054	5909050	ZAP-2	III	66	Cargador Frontal, Camiones	65	Supera
P19	663671	5908881	ZAP-1	III	52	Arenado	65	No Supera
P20	663971	5908662	ZAP-1	III	53	Empacadora San Juan (Extractores Aéreos)	65	No Supera
P21	663600	5908449	ZAP-2	III	64	Ewos (Venteo Vapor)	65	No Supera
P22	663766	5908267	ZAP-1	III	61	Ewos	65	No Supera
P23	663922	5908373	ZAP-1	III	64	Ewos	65	No Supera

[22] Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC): es aquel nivel de presión sonora continuo equivalente, que resulta de aplicar el procedimiento de medición y las correcciones establecidas en la Norma.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC[22] (dBA)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P24	663504	5908298	ZAP-1	III	73	Pesquera Grimar (Torres Enfriamiento)	65	Supera
P25	663362	5907920	ZAP-1	III	69	Pesquera Food Corp (Sala Compresores y torres Enfriamiento)	65	Supera
P26	663416	5907831	ZAP-1	III	66	Pesquera Food Corp (Área Despacho Camiones)	65	Supera
P28	663361	5907617	ZAP-1	III	55	Sistema de Extracción Hormigones BSA	65	No Supera
P29	663237	5907554	ZAP-1	III	71	Planta Hormigones BSA (Mezclador Y camiones)	65	Supera
P30	663439	5907425	ZAP-2	III	72	BSA y Davidson	65	Supera
P31	663256	5907377	ZAP-1	IV	56	CMPC Maderas (Finger)	65	No Supera
P32	663221	5907295	ZAP-1	IV	72	Recicladora Botellas de Vidrio (rotura)	65	Supera
P33	663638	5908576	ZAP-1	IV	59	Ewos (Patio despacho camiones)	65	No Supera
P34	663453	5907265	ZAP-2	IV	69	CMPC Maderas (Triturador)	65	Supera
P35	663378	5907116	ZAP-2	IV	73	Metalmecánica Proyecmetal (Esmeril Angular)	65	Supera
P36	663120	5907176	ZAP-2	IV	58	Maderera SEAT (Silo Aserrín)	65	No Supera
P37	662879	5907228	ZAP-2	IV	60	Compresores de Frío	65	No Supera
P38	662917	5907106	ZAP-2	IV	58	Planta Térmica	65	No Supera
P39	663152	5907087	ZAP-2	IV	62	Metalmecánica y Maderera	65	No Supera
P40	663236	5906987	ZAP-2	IV	60	Planta Hormigones Cementos Biobío (Mezclador y Cargador Frontal)	65	No Supera
P41	663246	5906837	ZAP-2	IV	62	San Lorenzo (Torres Enfriamiento)	65	No Supera
P42	663049	5906820	ZAP-2	IV	66	Arenado Estanques de Gas	65	Supera
P43	663196	5906690	ZAP-2	IV	63	Fabricación Molduras y Equipos para moldaje	65	No Supera
P44	662984	5906666	ZAP-2	IV	64	Iti Chile (Moldureras)	65	No Supera
P46	662814	5906823	ZAP-2	IV	64	Arenado Estanques de Gas	65	No Supera
P47	662650	5906667	ZAP-2	IV	52	Camiones	65	No Supera
P48	662846	5906609	ZAP-2	IV	63	Ciclones Silos de Aserrín	65	No Supera
P49	663341	5906521	ZAP-2	IV	68	Fábrica de pellets Biopower (Extractor Aéreo)	65	Supera
P51	662907	5906509	ZAP-2	IV	66	Iti Chile (moldureras)	65	Supera
P52	662967	5906442	ZAP-2	IV	55	Auxiliar Conservera Andamios Layher (Caída descartes lámina metálica, grúa horquilla, reparación andamios)	65	No Supera

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC[22] (dBA)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P53	662819	5906284	ZAP-2	IV	61	Ciclones Silos Aserrín Maderera Sandoor	65	No Supera
P54	662939	5906133	ZAP-2	IV	48	Solvay, Sandoor	65	No Supera
P55	662691	5906520	ZAP-2	IV	61	Iti Chile (Ciclones Silos de Aserrín)	65	No Supera
P56	662628	5906359	ZAP-2	IV	57	Sandoor (Ciclones Silos de Aserrín) y Cementos Polpaico	65	No Supera
P57	662527	5906214	ZAP-2	IV	57	Cementos Polpaico	65	No Supera
P58	662697	5906186	ZAP-2	IV	63	Maderera Sandoor (equipos madereros)	65	No Supera
P59	662702	5906003	ZAP-2	IV	58	Cementos Polpaico	65	No Supera
P60	663182	5905990	ZRI	III	50	ruido provenientes de Graneles Industriales (Cargador y Camiones)	65	No Supera
P61	662816	5905884	ZAP-2	IV	59	Graneles Industriales y Taller Terminal de Buses Nueva Takora	65	No Supera
P62	662653	5905873	ZAP-2	IV	60	Cementos Polpaico	65	No Supera
P63	662422	5905802	ZAP-2	IV	62	Cementos Polpaico (Extractores)	65	No Supera
P64	663024	5905704	ZRI	II	66	Movimiento de Contenedores	60	Supera
P65	662898	5905465	ZRI	II	53	Patio Despacho Camiones Sodimac	60	No Supera
P66	662576	5905392	ZAP-2	IV	59	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas)	65	No Supera
P67	662546	5905537	ZAP-2	IV	64	Sodimac planchas acanaladas, entre otros) de alambres,	65	No Supera
P68	664410	5908804	ZU-8	II	54	Ciclones Silos Aserrín Maderas Diezco	60	No Supera
P69	664657	5909492	ZU-8	II	59	Metalmecánica Granallados	60	No Supera
P70	664628	5909619	ZU-8	II	64	Metalmecánica Ansu	60	Supera
P74	5904861	663263	ZU-7	III	56	Constructora Nahuelbuta	65	No Supera
P75	5904425	663068	ZU-7	III	44	Fábrica de Panderetas s/nombre	65	No Supera
P76	5904374	663315	ZU-2	II	54	Fábrica de Panderetas Valdés Ltda.	60	No Supera
P77	5904213	663274	ZU-7	III	46	Fábrica de Pandereta La Paloma	65	No Supera
P78	5904549	662862	ZU-7	III	56	Ferretería Los Molineros	65	No Supera
P79	5904440	662619	ZU-7	III	40	Muebles Valdivia	65	No Supera

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del presente estudio.

Al analizar la tabla 34, 17 puntos de los 73 evaluados sobrepasa el límite, lo que equivale a tener un 23,29% de puntos con superación, lo que se interpreta como 17 titulares de fuentes emisoras de ruido con incumplimiento del D.S. N° 38/2011 del MMA, dentro de los cuales 16, se encuentran en los parques industriales (Escuadrón I y II, y Coronel), área destinada para la inversión productiva y la consolidación de la actividad de industrias en la Región del Biobío, según se indica en documento elaborado por PLADECO Coronel 2012-2016 [PLADECO 2012].

Este porcentaje de puntos que presentan incumplimiento no resulta relevante, toda vez que se producen dentro de los parques industriales Escuadrón I y II, separados de zonas con uso habitacional permitido (sensibles), por medio de la Ruta 160. En resumen, las zonas donde puedan existir personas que habitan, se encuentran al otro lado de la Ruta 160, la cual enmascara[23] el ruido proveniente de los parques industriales, lo que se explica con la inexistencia de denuncias (analizadas) realizadas por la comunidad para esa zona.

Por otro lado, el sector Sur del parque industrial Coronel colinda con zonas altamente pobladas, siendo necesario establecer algún tipo de medida de control de ruido, toda vez que se presentan incumplimientos durante este periodo en un punto, lo que a futuro podría generar problemas en la comunidad.

Por otro lado, para la zona Sur de Coronel, se procedió a realizar la evaluación de puntos (receptores) mediante mediciones (ícono rojo) y modelamiento acústico (ícono celeste). El procedimiento para el modelamiento y su tabla de evaluación se explican en extenso en el ítem 5.2. El emplazamiento de los puntos de evaluación para la zona Sur de Coronel, se muestran en las figuras 77, 78 y 79.

[23] Fenómeno psicoacústico por el cual un tono sonoro débil se vuelve inaudible en presencia de otro más intenso cercano en frecuencia

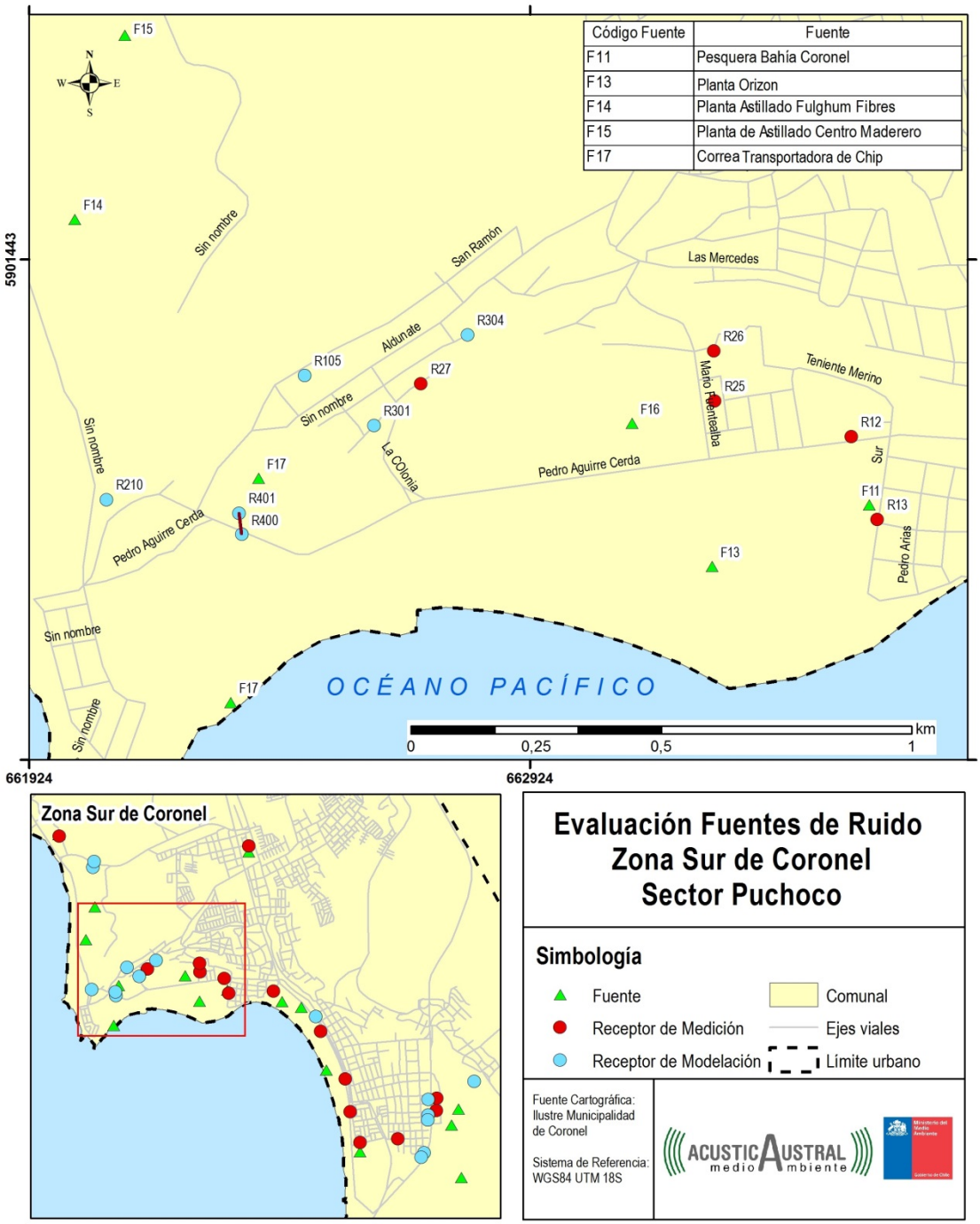


Figura 77: Distribución de puntos de evaluación, sector Puchoco Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia.

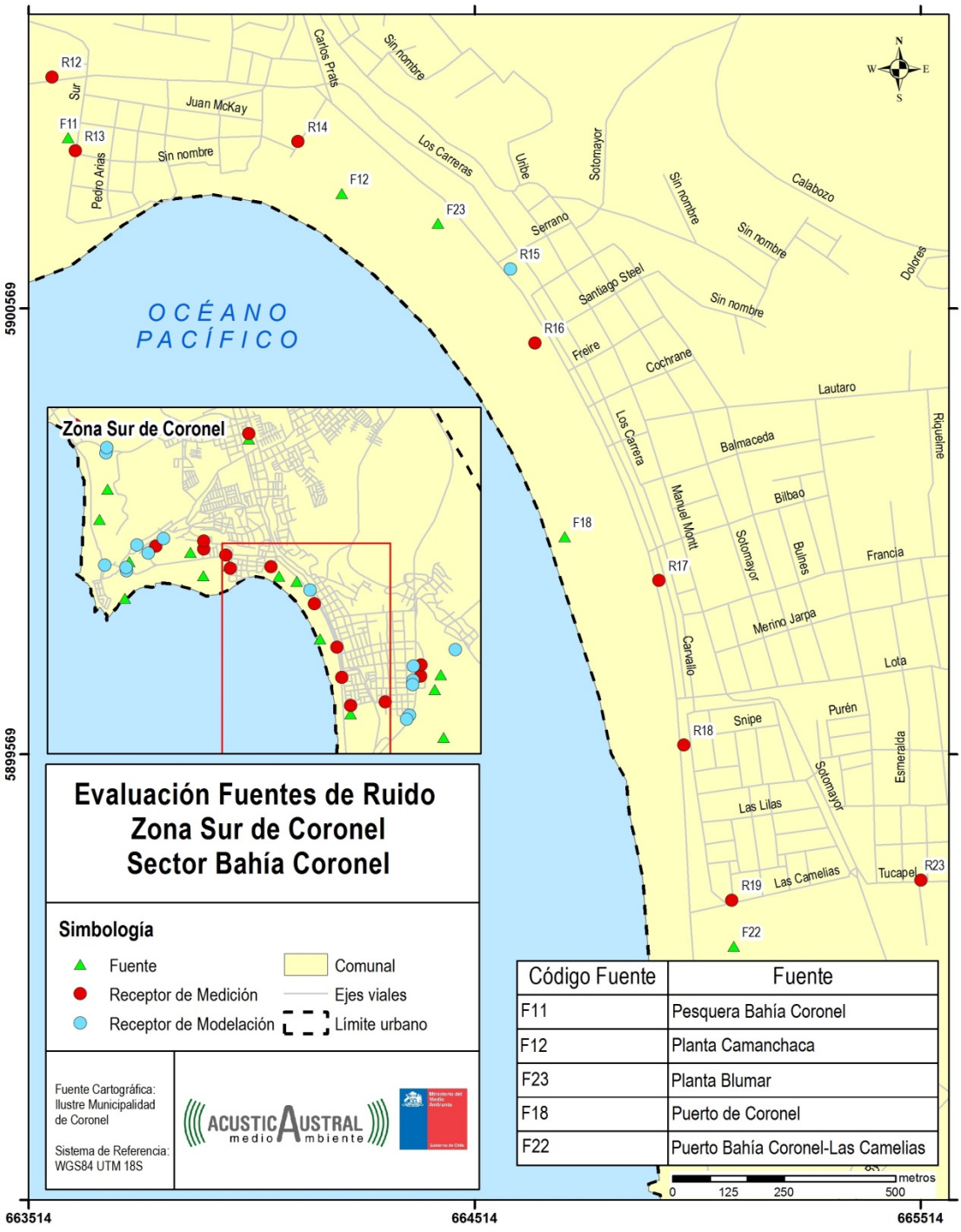


Figura 78: Distribución de puntos de evaluación, sector Bahía Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia.

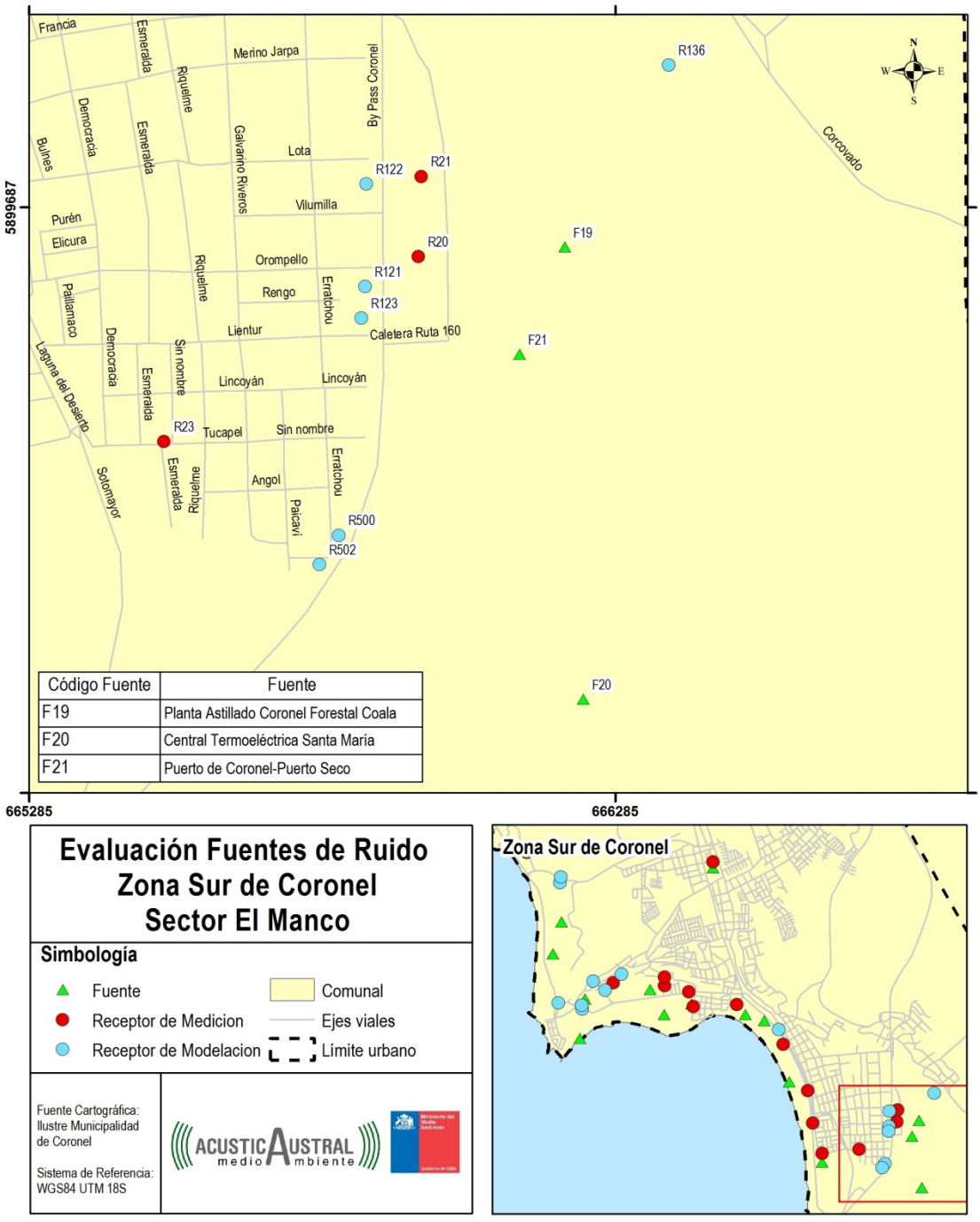


Figura 79: Distribución de puntos de evaluación, sector El Manco Coronel Sur. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, en la tabla 35, se presenta los resultados de la evaluación en el periodo diurno de las fuentes emisoras de ruido (empresas) emplazadas en la zona Sur de Coronel mediante mediciones.

Tabla 35: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo diurno, Zona Sur de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC dB(A)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Norte	Este	PRC	D.S. 38/11				
R10	5902685	661709	ZU-2	II	Nulo[24]	Compañía Molinera del Pacífico	60	No Supera
R11	5901057	663358	ZU-4	II	Nulo[24]	Pesquera Bahía Coronel	60	No Supera
R12	5901089	663566	ZU-4	II	53	Pesquera Bahía Coronel	60	No Supera
R13	5900923	663618	ZAC-1	II	Nulo[24]	Pesquera Bahía Coronel	60	No Supera
R14	5900944	664118	ZAC-1	II	53	Camanchaca S.A.	60	No Supera
R17	5899959	664927	ZCC	II	45	Puerto de Coronel S.A.	60	No Supera
R20	5899740	665954	ZAP-3	III	54	Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco[25]	65	No Supera
R21	5899600	665936	ZAP-3	III	54	Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco[25]	65	No Supera

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del presente estudio.

El resultado de la evaluación para este periodo (diurno) arrojó un 100 % de cumplimiento de la Norma en los puntos evaluados mediante mediciones de niveles de ruido en el lugar donde se emplazan los receptores, dentro de la zona Sur de Coronel. Es importante tener presente que una misma fuente emisora (empresa), puede tener varios puntos de evaluación y encontrarse ellos en distintas zonas de acuerdo al PRC de Coronel.

5.1.2 Evaluación D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno

A continuación, en las tabla 36, se presentan los resultados de los niveles medidos y su comparación con los límites establecidos por el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno dentro de la zona Norte de Coronel.

Cabe señalar que existen puntos que no fueron evaluados respecto de los considerados en el periodo diurno, debido a que las empresas entorno a esos puntos se encontraban detenidas, vale decir no operaban en el periodo nocturno.

Por otro lado, aparecen fuentes emisoras de ruido en este periodo, como lo son las actividades de esparcimiento, zona de Pubs. El emplazamiento de los puntos considerados para la evaluación de esta actividad se muestra en la figura 80 a continuación.

[24] En estos casos, el NPSeq promedio medido donde se encuentra el receptor son menores al límite para esa zona establecidos por el D.S. N° 38/2011 del MMA.

[25] "Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco": en este caso particular, el emplazamiento del denominado puerto seco, perteneciente a la empresa Puerto Coronel S.A. se encuentra en el sector el Manco próximo al By Pass Ruta 160.

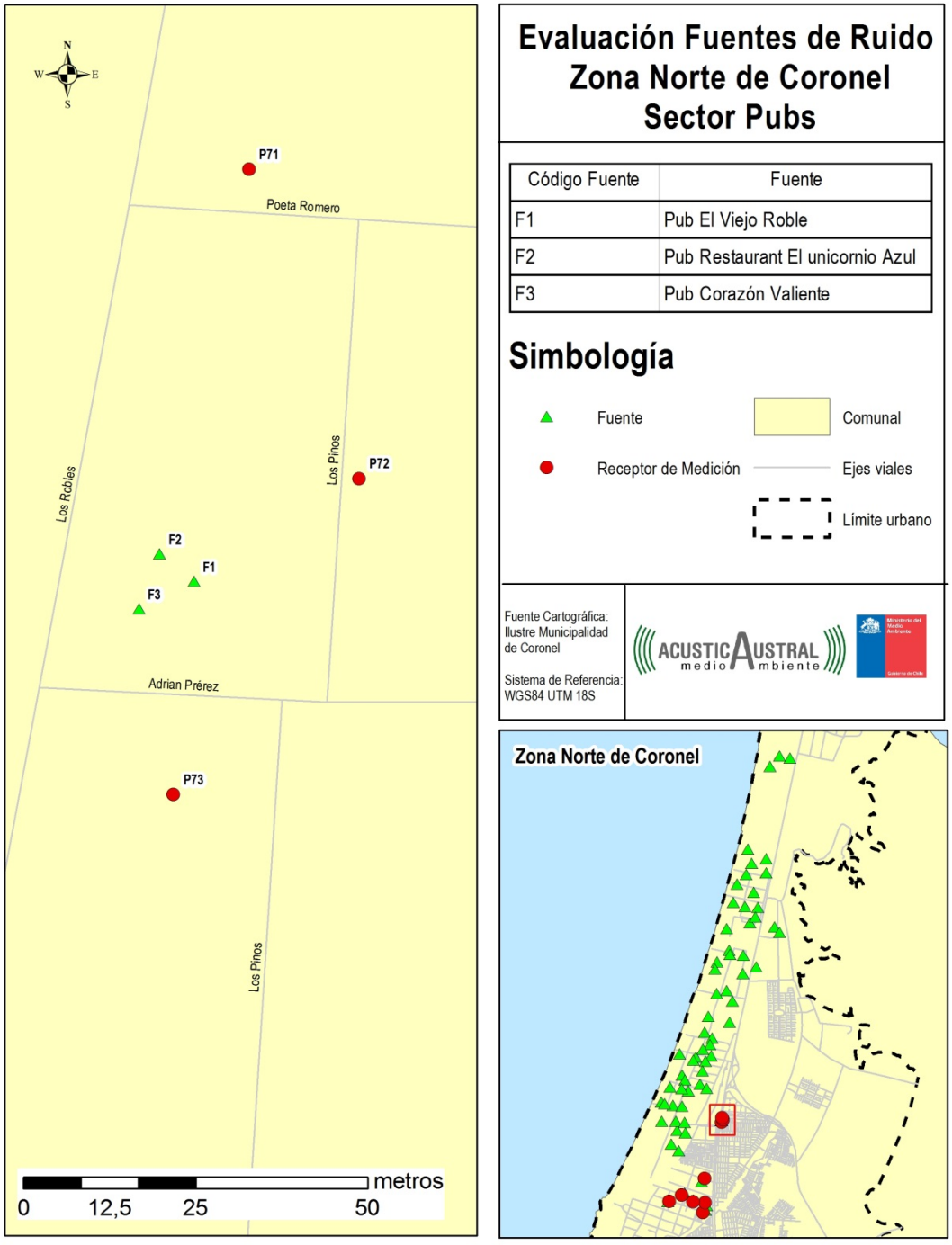


Figura 80: Distribución de puntos de evaluación, sector Pubs Coronel Norte. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Norte de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC dB(A)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P02	5912582	5912670	ZE-1	II	65	Inversiones Polycarpo (Movimiento Camiones en perímetro interior)	45	Supera
P03	664864	5912638	ZE-1	II	59	Hormigones Grau (Rastras de Áridos y Mesas Vibratoria)	45	Supera
P04	664231	5910539	ZAP-2	III	63	Termoeléctrica Enesa (Torres Enfriamiento, Motores, Bombas, etc.)	50	Supera
P05	664005	5910583	ZAP-1	III	57	Resinas Biobío (motores y bombas) y Enesa	50	Supera
P06	664112	5910415	ZAP-1	III	56	Enesa y Ruta 160	50	Supera
P07	664263	5910271	ZAP-2	III	52	Oxiquim (Venteo Vapor)	50	Supera
P08	663986	5910315	ZAP-1	III	50	Enesa	50	No Supera
P09	663894	5910095	ZAP-1	III	55	Oxiquim (Venteo Vapor)	50	Supera
P10	664230	5910020	ZAP-2	III	57	Oxiquim (Venteo Vapor)	50	Supera
P11	663989	5909922	ZAP-1	III	58	Oxiquim (Venteo Vapor)	50	Supera
P12	663931	5909751	ZAP-1	III	63	Oxiquim (Venteo Vapor)	50	Supera
P13	664066	5909714	ZAP-1	III	73	Torres Enfriamiento Oxiquim	50	Supera
P14	663814	5909114	ZAP-1	III	59	Noramco (moldureras)	50	Supera
P15	663695	5909085	ZAP-1	III	65	Noramco (Ciclones Silos Aserrín, Astillador apagado)	50	Supera
P16	663607	5909191	ZAP-1	III	59	Ventiladores empresa dirección Oeste	50	Supera
P17	663780	5909005	ZAP-1	III	61	Industone S.A. (Molino de Carozos)	50	Supera
P20	663971	5908662	ZAP-1	III	55	Empacadora San Juan (Extractores Aéreos)	50	Supera
P21	663600	5908449	ZAP-2	III	61	Ewos (Venteo Vapor)	50	Supera
P22	663766	5908267	ZAP-1	III	62	Ewos (Planta Térmica)	50	Supera
P23	663922	5908373	ZAP-1	III	56	Ewos (Planta Térmica)	50	Supera
P24	663504	5908298	ZAP-1	III	52	Ewos, empresa Grimar detenida	50	Supera
P25	663362	5907920	ZAP-1	III	68	Pesquera Food Corp (Sala Compresores y torres Enfriamiento)	50	Supera
P28	663361	5907617	ZAP-1	III	50	Maderera Davison	50	No Supera
P29	663237	5907554	ZAP-1	III	55	Movimientos con grúas horquilla en bodega Hormigones BSA y Maderera Davison	50	Supera
P30	663439	5907425	ZAP-2	III	70	Extractor residuos Davison	50	Supera
P31	663256	5907377	ZAP-1	III	54	CMPC Maderas (finger)	50	Supera
P32	663221	5907295	ZAP-1	III	53	CMPC Maderas (Triturador)	50	Supera
P33	663638	5908576	ZAP-1	III	59	camiones Ewos	50	Supera
P34	663453	5907265	ZAP-2	III	70	CMPC Maderas (Triturador)	50	Supera

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC dB(A)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P35	663378	5907116	ZAP-2	III	56	CMPC Maderas (Triturador)	50	Supera
P36	663120	5907176	ZAP-2	III	51	Iti Chile S.A.	50	Supera
P37	662879	5907228	ZAP-2	III	55	Silos Iti Chile S.A., empresa alimentos detenida	50	Supera
P38	662917	5907106	ZAP-2	III	55	Silos Iti Chile S.A., cargador frontal procesadoras de algas	50	Supera
P41	663246	5906837	ZAP-2	III	63	San Lorenzo (Torres Enfriamiento)	50	Supera
P42	663049	5906820	ZAP-2	III	69	Ciclones silos de aserrín Iti Chile S.A.	50	Supera
P43	663196	5906690	ZAP-2	III	58	CM Maderera Ltda (fab. Finger), silos y caída de residuos por correa transportadora	50	Supera
P44	662984	5906666	ZAP-2	III	65	Iti Chile S.A. (Moldureras)	50	Supera
P46	662814	5906823	ZAP-2	III	61	Ciclones silos de aserrín Iti Chile S.A.	50	Supera
P47	662650	5906667	ZAP-2	III	49	Equipos y bombas empresa Maule e Iti Chile S.A.	50	No Supera
P48	662846	5906609	ZAP-2	III	66	Ciclones Silos de aserrín y líneas pintura y moldureras ITI Chile S.A.	50	Supera
P49	663341	5906521	ZAP-2	III	59	ITI Chile S.A. (golpe de residuos de maderas contra Ciclones)	50	Supera
P51	662907	5906509	ZAP-2	III	67	Iti Chile (moldureras)	50	Supera
P52	662967	5906442	ZAP-2	III	61	Compresor de aire empresa Auxilar Conservera	50	Supera
P53	662819	5906284	ZAP-2	III	58	Ciclón Sandoor	50	Supera
P54	662939	5906133	ZAP-2	III	49	CM Maderera Ltda. (fab. Finger), silos y caída de residuos por correa transportadora	50	No Supera
P55	662691	5906520	ZAP-2	III	52	Equipos y bombas empresa Maule e Iti Chile S.A.	50	Supera
P56	662628	5906359	ZAP-2	III	62	Planta gases y alarma Air Liquide	50	Supera
P57	662527	5906214	ZAP-2	III	61	Cementos Polpaico	50	Supera
P58	662697	5906186	ZAP-2	III	58	Cementos Polpaico	50	Supera
P59	662702	5906003	ZAP-2	III	58	Cementos Polpaico	50	Supera
P61	662816	5905884	ZAP-2	III	53	Neuling Graneles s.a. (Cargador y Camiones)	50	Supera
P62	662653	5905873	ZAP-2	III	60	Cementos Polpaico	50	Supera
P63	662422	5905802	ZAP-2	III	66	Cementos Polpaico	50	Supera
P65	662898	5905465	ZRI	II	47	Sodimac (alarma montacargas)	45	Supera
P66	662576	5905392	ZAP-2	III	57	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas, equipos y grúas horquillas)	50	Supera

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC dB(A)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Este	Norte	PRC	D.S. 38/11				
P67	662546	5905537	ZAP-2	III	60	Sodimac (Fabricación planchas acanaladas, equipos y grúas horquillas)	50	Supera
P71	5905961	663603	ZU-4	II	Nulo[26]	Pubs: El Viejo Roble-Unicornio Azul-Corazón Valiente	45	No Supera
P72	5905943	663624	ZU-4	II	Nulo[26]	Pubs: El Viejo Roble-Unicornio Azul-Corazón Valiente	45	No Supera
P73	5905909	663603	ZU-4	II	Nulo[26]	Pubs: El Viejo Roble-Unicornio Azul-Corazón Valiente	45	No Supera

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del presente estudio.

Al analizar la tabla 36, 52 de los 59 puntos evaluados sobrepasa el límite, lo que equivale a tener un 88,14% de puntos con superación de la Norma. Lo anterior, se resume en 24 fuentes emisoras de ruido (empresas) que presentan incumplimiento del D.S. N° 38/2011 del MMA, empresas que se emplazan dentro de los parques industriales (Escuadrón I y II, y Coronel), área, según se indica en documento elaborado por PLADECO Coronel 2012-2016 [PLADECO 2012], destinada para la inversión productiva y la consolidación de la actividad de industrias en la Región del Biobío. Como se mencionó anteriormente, para una fuente (empresa) se tienen varios puntos de medición (evaluación).

Dentro del sector de los parques industriales se prohíbe el uso habitacional, según da cuenta el PRC de Coronel, sin embargo éste colinda en el sur con zonas altamente pobladas, siendo necesario establecer algún tipo de medida de control de ruido, toda vez que se presenta incumplimiento durante este periodo en un punto, lo que a futuro podría generar problemas en la comunidad.

Si bien, en esta evaluación, las actividades de esparcimiento (Pubs) presentan cumplimiento de la Norma, éstas presentan variabilidad, tanto en la emisión de la música envasada hacia el exterior como en el ruido generado por actividades conductuales al exterior, es necesario exigir un acondicionamiento acústico especial para que los vecinos no vean interrumpido su descanso.

A continuación en la tabla 37, se presentan los resultados de la evaluación en el periodo nocturno de 7 fuentes emisoras de ruido (empresas) emplazadas en la zona Sur de Coronel. Es importante aclarar que otras fuentes de ruido presentes en la zona Sur no se logró adquirir registros de niveles de presión sonora en el lugar donde se encuentre el o los potenciales receptores, debido a la presencia de altos niveles ambientales de ruido producto de la circulación de vehículos pesados (camiones). La evaluación de estas fuentes de ruido se realiza a través de predicciones de niveles de ruido mediante software de modelamiento acústico, lo cual se explica en detalle en la sección 5.2.

[26] Los niveles de presión sonora promedio (NPSeq) obtenidos en el lugar donde se encuentra el receptor son menores al límite para esa zona establecido por el D.S. N° 38/2011 del MMA.

Tabla 37: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Sur de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC[22] dB(A)	Fuente	Límite (dBA)	Estado
	Norte	Este	PRC	D.S. 38/11				
R12	5901089	663566	ZU-4	III	46	Pesquera Bahía Coronel	50	No Supera
R13	5900923	663618	ZAC-1	II	62	Pesquera Bahía Coronel	45	Supera
R14	5900944	664118	ZAC-1	II	39	Camanchaca S.A.	45	No Supera
R15	5900658	664594	ZCC	II	44	Puerto de Coronel S.A.	45	No Supera
R16	5900492	664649	ZTTP	III	57	Puerto de Coronel S.A.	50	Supera
R18	5899590	664983	ZU-1	II	Nulo	Puerto de Coronel S.A.	45	No Supera
R19	5899242	665091	ZU-1	II	40	Puerto de Coronel S.A.	45	No Supera
R20	5899740	665954	ZAP-3	III	52	Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco[27]	50	Supera
R21	5899600	665936	ZAP-3	III	50	Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco[27]	50	No Supera
R23	5899287	665515	ZU-1	II	41	Puerto de Coronel S.A.-Las Camelias	45	No Supera
R24	5902705	661706	ZCH	II	40	Bután Centro Eventos	45	No Supera
R25	5901160	663293	ZU-4	III	55	Central termoeléctrica Bocamina	50	Supera
R26	5901260	663291	ZU-4	III	51	Central termoeléctrica Bocamina	50	Supera

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del presente estudio.

Al analizar la tabla 37 un 38,46% de los puntos evaluados, correspondiente a 5 de los 11 puntos, presenta incumplimiento de la Norma para el periodo nocturno, lo que se traduce en la superación de la Norma de 4 empresas.

Para mayor comprensión de la evaluación de ruido de acuerdo al D.S. N° 38/2011 del MMA consultar Anexo 16, el cual contiene la información indicada en el Artículo 15° de la citada Norma de emisión, que establece el procedimiento general para la determinación del nivel de presión sonora corregido (NPC), cuya letra d) indica que las mediciones deberán ser acompañadas de un informe técnico, el que consiste de una Ficha de Información de Medición de Ruido, una Ficha de Georreferenciación de Medición de Ruido, una Ficha de Medición de Niveles de Ruido, y una Ficha de Evaluación de Niveles de Ruido, quedando la definición del contenido y el formato de estas para la SMA (Resolución Exenta 693[28]/2015 de la SMA).

5.2 Evaluación de Fuentes Emisoras de Ruido con modelamiento a través del D.S. N° 38/2011 del MMA

La Norma, D.S. N° 38/2011 del MMA establece que se permite realizar evaluaciones, mediante proyecciones de niveles de ruido mediante el procedimiento técnico descrito en la norma técnica ISO 9613 en el lugar donde se encuentre el receptor.

[27] "Puerto de Coronel S.A.-Puerto Seco": en este caso particular, el emplazamiento del denominado puerto seco, perteneciente a la empresa Puerto Coronel S.A. se encuentra en el sector el Manco próximo al By Pass Ruta 160.

[28] Aprueba contenido y formato de las fichas para el Informe Técnico del procedimiento general de determinación del nivel de presión sonora corregido

En esta sección se entregan los antecedentes necesarios para comprender a cabalidad la metodología empleada, con la cual fueron evaluadas las fuentes emisoras de ruido que no fue posible evaluar mediante mediciones en el lugar donde se encuentra el (los) receptor(es). El problema fueron los altos niveles ambientales de ruido presente en ellos, proveniente del tráfico vehicular de las vías cercanas y/o la presencia de otras fuentes emisoras distintas a las que se necesitaba evaluar.

Cabe mencionar que existieron empresas pesqueras en la zona Sur de Coronel, específicamente, Orizon y Blumar donde no fue posible realizar mediciones, debido a que no se encontraban en funcionamiento o el ruido ambiental presentes en el entorno de ellas interfirió en la medición. Tampoco fue posible utilizar los datos contenidos en sus respectivos informes de impacto acústico adjuntos con las DIAs, debido principalmente, a modificaciones sustanciales en la distribución de las fuentes de ruido dentro de sus instalaciones, posteriores a la fechas de presentación al SEIA., cambios atribuidos a catástrofes naturales (terremoto) y/o fusiones de titularidad.

La norma técnica ISO 9613 define un método de cálculo basado en bandas de octavas[29] teniendo como referencia fuentes puntuales con un nivel de potencia sonora definido. Las fuentes lineales pueden obtenerse mediante adición de fuentes puntuales. Esta normativa proyecta niveles de presión sonora continuas equivalentes en ponderación A bajo condiciones meteorológicas favorables para la propagación a partir de fuentes de emisión de sonido conocido. Es preciso señalar que la Norma técnica utilizada, ISO 9613, indica la existencia de una incertidumbre de +- 3 dB en los valores proyectados.

Es necesario entonces conocer las variables de entrada que utiliza la Norma ISO 9613 para estimar las emisiones, como es la potencia acústica (Lw) asociada a maquinarias, equipos y/o procesos que ejecuten una determinada actividad en un lugar definido. En este caso, los niveles de potencia acústica asociada a determinados procesos, maquinaria y/o equipos fueron adquiridos utilizando la cámara acústica GFai, la cual presenta variadas ventajas respecto del instrumental de medición convencional (se describen los procesos en la sección 2.3.2). Estos niveles de emisión acústica (Lw) se presentan en la tabla 26.

Las variables de entrada que utiliza el software se detallan a continuación:

a. Niveles de potencia sonora por bandas de octava de cada fuente emisora de ruido (dB).
b. Posición fuentes de ruido (coordenadas UTM).
c. Altura fuentes de ruido (m).
d. Características y topografía del terreno (altura de curvas de nivel (m)).
e. Temperatura (°C) y Humedad relativa (%).
f. Posición Receptor (coordenada UTM).
g. Altura Receptor (m)

Aquellas fuentes emisoras (actividades productivas e industriales) donde se estimaron las emisiones de ruido bajo la Norma técnica ISO 9613 (ver mapas de ruido de cada una en Anexo 20) para evaluar el cumplimiento del D.S. N° 38/2011 del MMA fueron las siguientes:

<u>Planta de Astillado Coronel (Consorcio Maderero S.A.)</u>

Para la planta se consideró un astillador[30] (Ast_1), camión plano[31] y un cargador[30] (Maq_1) funcionando simultáneamente. La cantidad de maquinaria utilizada se obtuvo mediante visitas a terreno. Además es

[29] Gama de frecuencias comprendida entre dos frecuencias que están en la relación, 2:1. La banda de audio frecuencias, contiene aproximadamente 10 bandas de octava. En general, se utilizan sólo 8 bandas centradas en 31, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz

[30] Nivel de potencia sonora (Lw) indicado en Tabla 26.

coherente con lo indicado en el informe de impacto acústico asociado a la DIA del proyecto. Las fuentes de emisión de ruido se han posicionado a una altura de 2 y 1,5 metros para el camión y cargador respectivamente, y 5 metros para el astillador.

Planta Astillado Fulghum Fibres Chile S.A (Fulghum Fibres Chile S.A)

Para la planta se consideró un astillador[30] (Ast_2), camión plano[31] y un cargador[30] (Maq_1) funcionando simultáneamente. La cantidad de maquinaria utilizada se obtuvo mediante visitas a terreno. Además es coherente con lo indicado en el informe de impacto acústico asociado a la DIA del proyecto. Las fuentes de emisión de ruido se han posicionado a una altura de 2 y 1,5 metros para el camión y cargador respectivamente, y 5 metros para el astillador.

Planta de Astillado Coronel Fundo el Manco (Forestal Coala)

Para la planta se consideró un astillador[30] (Ast_3), camión plano[31], una grúa autotransportable[31] y un cargador[30] (Maq_1) funcionando simultáneamente. La maquinaria considerada mediante inspección visual es coherente con lo indicado en el informe de impacto acústico asociado a la DIA del proyecto. Las fuentes de emisión de ruido se han posicionado a una altura de 2 metros para el camión plano, grúa autotransportable y cargador, y 5 metros para el astillador.

Central Termoeléctrica Santa María (Colbún S.A)

Para la central se han considerado los niveles de potencia sonora por espectros y alturas levantadas mediante técnica avanzada utilizando cámara acústica, los cuales están definidos en la tabla 26 junto a sus respectivas alturas. Estas fuentes de ruido han sido identificadas mediante el nombre TSM agregando un número al nombre para diferenciarlas. Se han utilizado 11 fuentes de ruido en el emplazamiento de la central termoeléctrica, según consta en tabla 26.

Puerto de Coronel (Compañía Puerto de Coronel S.A)

En este caso, la evaluación mediante mediciones resultó en una superación de la Norma en un punto receptor, sin embargo, se optó por realizar una evaluación mediante proyecciones de niveles de ruido en otros receptores que no fueron considerados en las mediciones.

Para el Puerto de Coronel se consideró la información entregada por el titular al equipo consultor, a través del mandante de este estudio, vale decir cantidad y tipo de equipos que operan en el puerto y su emplazamiento dentro del mismo. Vale decir, se han considerado para el modelamiento como fuentes fijas, la siguiente maquinaria y/o equipos, 5 grúas horquilla (7 ton), 2 grúa horquilla (16 ton), 9 Reach Stacker (porta contenedores), 12 camiones (fijos), 3 grúas (50 ton) y 2 grupos generadores. Además se ha considerado un movimiento de vehículos pesados dentro del predio del puerto de 30 veh/hora desplazándose a una velocidad de 15 km/h. Además, el titular entrego las alturas de las edificaciones al interior del puerto para ambos emplazamientos.

Central Termoeléctrica Bocamina (ENDESA S.A)

[31] Niveles de potencia sonora obtenidos de la base de datos de niveles de ruido indicados en la Norma BS 5228.

En este caso, la evaluación mediante mediciones resultó en una superación de la Norma, sin embargo, se optó por realizar además, una evaluación mediante proyecciones de niveles de ruido en otros lugares donde existen receptores sensibles (habitacionales) donde no se obtuvieron registros mediante mediciones.

Para la central se han considerado los niveles de potencia sonora por espectros y alturas levantadas mediante técnica avanzada utilizando cámara acústica, los cuales están definidos en la tabla 26 junto a sus respectivas alturas. Estas fuentes de ruido han sido identificadas mediante el nombre TB agregando un número al nombre para diferenciarlas. Se han utilizado 6 fuentes de ruido en el emplazamiento de la central termoeléctrica, según consta en tabla 26. Agregando a éstas, 2 camiones tolva y 2 cargadores frontales en el sector de la cancha de carbón norte dentro del predio de la central termoeléctrica.

Correas Transportadoras de Chip (Cabo Froward)

Para la modelación se han considerado los espectros levantados mediante técnica avanzada utilizando cámara acústica, los cuales están definidos en la tabla 26 junto a sus respectivas alturas.

A continuación, la tabla 38 resume de la evaluación realizada mediante proyecciones de niveles de ruido asistidos por software. Cabe precisar que se consideró el escenario más desfavorable, el cual contempla realizar la evaluación en el periodo nocturno, entendiendo que las fuentes emisoras mantienen una actividad similar para ambos periodos horarios. Los mapas de ruido generados para esta evaluación se encuentran en el Anexo 20, individualizados por titular.

Tabla 38: Evaluación de los niveles de ruido bajo el D.S. N° 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, Zona Sur de Coronel.

Código Receptor	Coordenada UTM HUSO 18H		Zonificación		NPC dB(A)	Fuente	Titular	Límite (dBA)	Estado
	Norte	Este	PRC	D.S. 38/11					
R99	5902338	662093	ZCH	II	53	Planta Astillado	Consorcio Maderero S.A.	45	Supera
R101	5902403	662103	ZE-5	II	46	Planta Astillado	Consorcio Maderero S.A.	45	Supera
R99	5902338	662093	ZCH	II	48	Planta Astillado	Fulghum Fibres Chile S.A	45	Supera
R210	5900963	662078	ZT	II	47	Planta Astillado	Fulghum Fibres Chile S.A	45	Supera
R105	5901226	662480	ZRIH-2	II	46	Planta Astillado	Fulghum Fibres Chile S.A	45	Supera
R502	5899099	665784	ZU-1	III	47	Central Santa María	Colbún S.A.	50	No Supera
R500	5899133	665815	ZU-1	III	47	Central Santa María	Colbún S.A	50	No Supera
R136	5899963	666379	ZU-5	II	50	Planta de Astillado	Forestal Coala	45	Supera
R123	5899490	665826	ZU-1	II	51	Planta de Astillado	Forestal Coala	45	Supera
R15	5900658	664594	ZCC	II	49	Puerto de Coronel	Puerto de Coronel S.A.	45	Supera
R301	5901109	662626	ZRIH-1	II	54	Central Bocamina	ENDESA S.A.	45	Supera
R304	5901264	662777	ZRIH-1	II	53	Central Bocamina	ENDESA S.A.	45	Supera
R400	5900894	662348	ZT	II	61	Correas Transportadora Chip	Cabo Froward	45	Supera
R401	5900936	662343	ZU-5	II	57	Correas Transportadora Chip	Cabo Froward	45	Supera

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados del presente estudio.

De la tabla anterior, se desprende que existe incumplimiento en un 85,7% de los puntos de evaluación. En resumen, existen 6 fuentes emisoras de ruido (empresas) que presentan incumplimiento del D.S. N° 38/2011 del MMA, correspondiente a, elementos de infraestructura energética y portuaria, y actividades productivas. En la zona Sur de la comuna se evidencia la existencia de plantas industriales dentro del radio urbano, y aledaña a la población residente, no existiendo zonas buffer o de transición entre ellas, lo que se traduce en reiteradas denuncias por parte de la comunidad como da cuenta el ítem 3.1.3.

Como se señala anteriormente, la Norma técnica utilizada para realizar las proyecciones, ISO 9613, posee una incertidumbre de +- 3 dB en los valores proyectados (niveles inmisión en receptores), por lo tanto, es

posible que algunos de los puntos evaluados se encuentren en conformidad, o algunos que si lo están, presenten incumplimiento.

5.3 Evaluación de Fuentes Emisoras Móviles de Ruido a Través de Normativa Internacional de Referencia

A continuación se procede a evaluar las fuentes emisoras móviles de ruido, en base a la Norma Suiza, OBP 841.41, en ausencia de normativa nacional que regule a este tipo de fuentes. Las fuentes móviles aludidas corresponden al tráfico vehicular y ferroviario presente en Coronel.

Es importante precisar que al evaluar el ruido generado por el tráfico vehicular, se está considerando tanto los vehículos livianos como pesados (inclusive camiones de 2 o más ejes) dentro de la comuna, lo que implica considerar el tráfico industrial por la comuna.

Esta evaluación se presenta para tráfico vehicular y ferroviario separadamente, y para periodo diurno y nocturno, tanto para la zona Norte como Sur de la comuna, de acuerdo a la homologación del PRC de Coronel según la zonificación establecida por el Reglamento de la Confederación Suiza, OPB 814.41. El ejercicio de homologación fue realizado por el equipo consultor, de acuerdo a los usos definidos por la Norma en el capítulo Metodología, específicamente en el ítem 2.5.3.1 del presente informe (ver figura 29).

Los resultados de la evaluación se presentan mediante valores tabulados en km^2 y % de superficie de cumplimiento o superación por las zonas que define la Norma.

5.3.1 Evaluación tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo diurno

A continuación se procede a entregar la evaluación del tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41 para el periodo diurno. Es importante precisar que el área evaluada (límite urbano de Coronel) es menor al área total definida en este estudio, radicando dicha diferencia en la escala a la cual está desarrollado el PRC, descartando la superficie de los ejes viales (ancho de la calle).

La evaluación del ruido de tráfico vehicular, a partir de la Norma Suiza, se realizó en base al mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión), figura 29, y del mapa con los niveles de ruido producto del tráfico vehicular, figuras 57-58 (periodo diurno) donde el cruce de ambos entregó como resultado las zonas de cumplimiento o incumplimiento, las cuales se detallan a continuación.

Las figuras 81 y 82 son el resultado del cruce de dos mapas, el mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión) y los niveles de ruido de tráfico vehicular para el período diurno, visualizando la superación o no del estándar definido para cada zona. La tabla 39 enseña las estadísticas de la superficie que se encuentra en estado de cumplimiento o superación del estándar definido de acuerdo a las distintas zonas en función del Reglamento de la Confederación (OPB 814.41).

A continuación, se muestra el mapa de ruido resultante del cruce de la Norma suiza a partir del PRC de Coronel para los valores de inmisión.

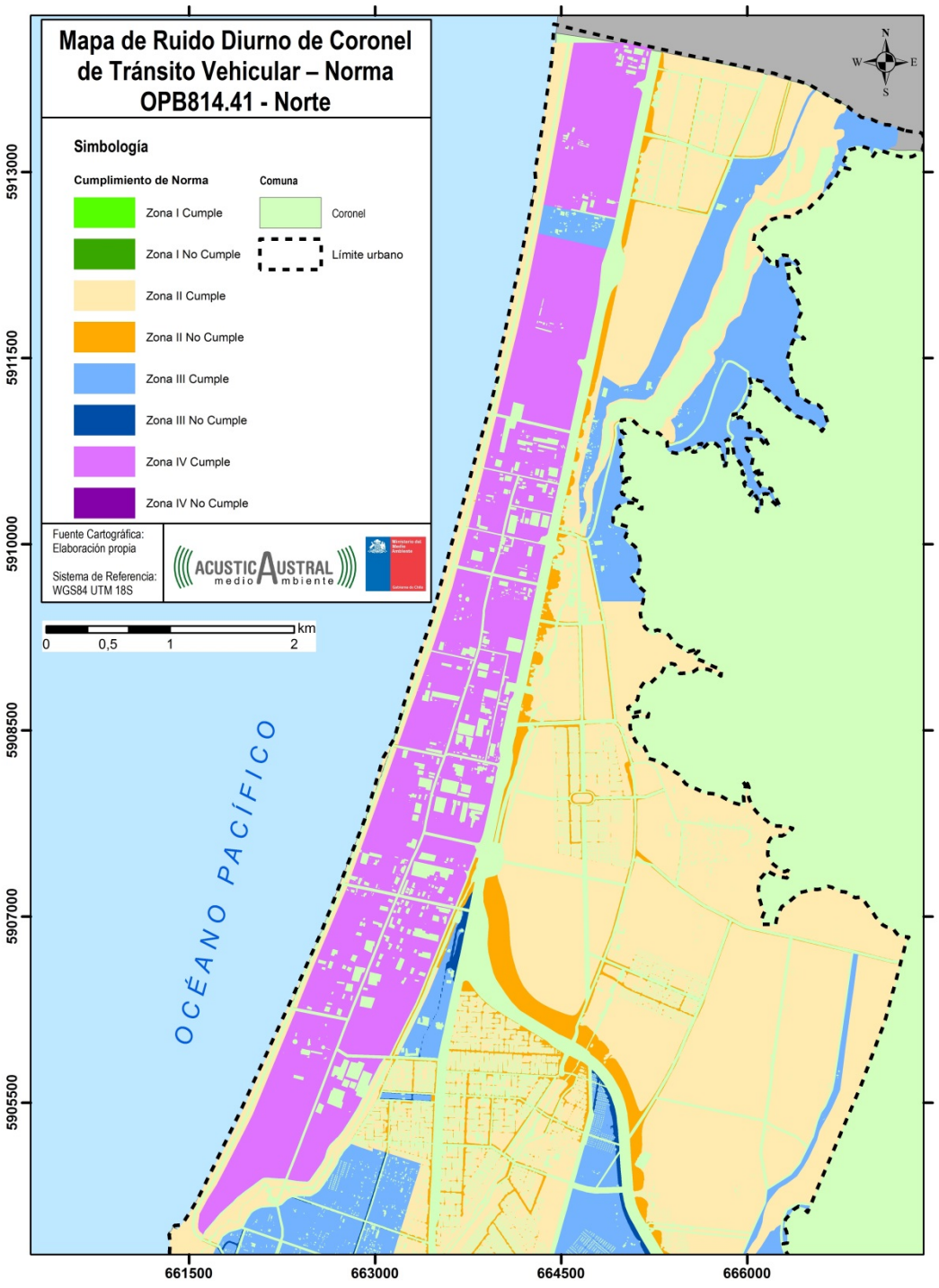


Figura 81: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo diurno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

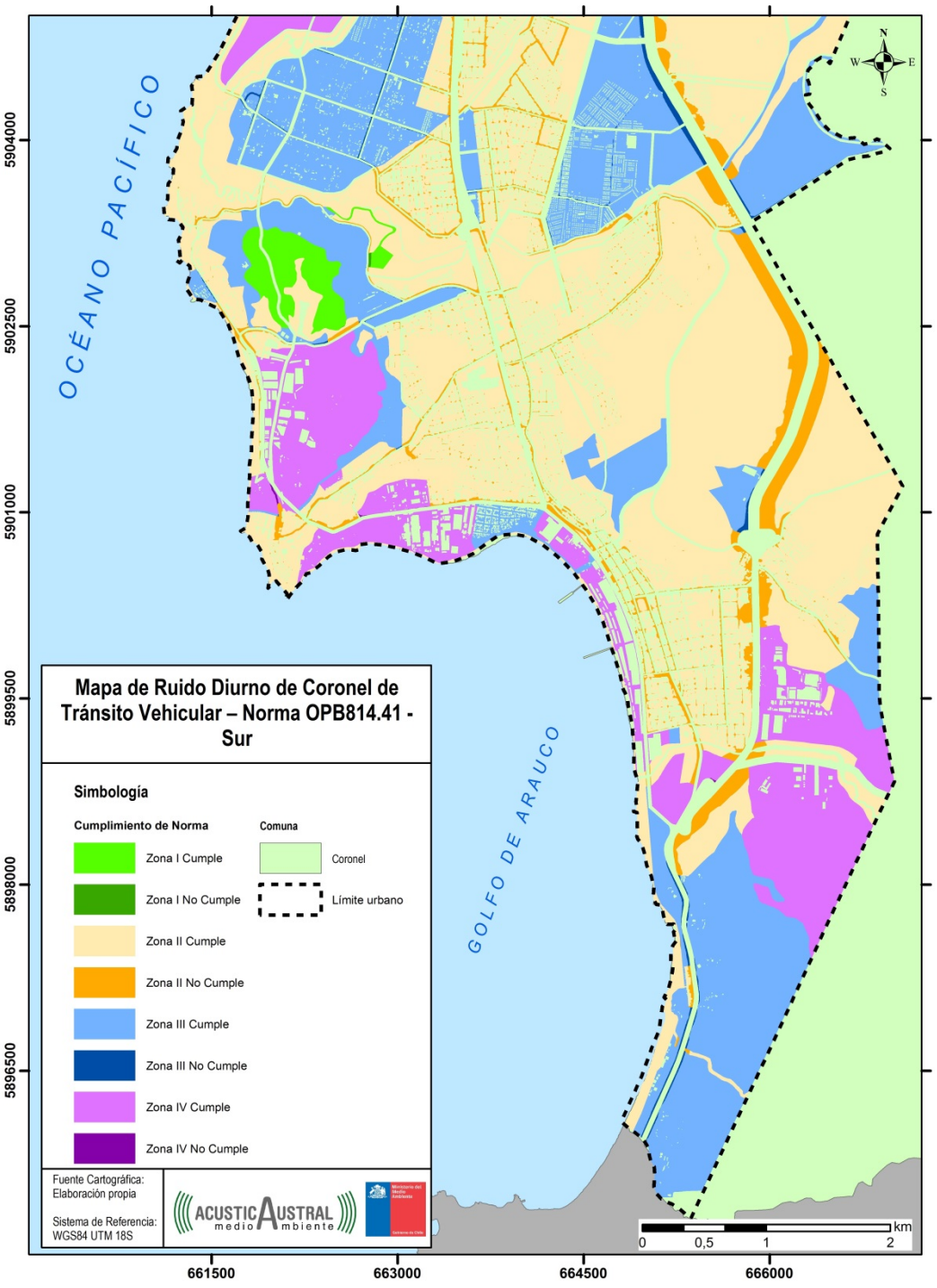


Figura 82: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo diurno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación suiza OPB814.14 para el periodo diurno.

Zona Grado de Sensibilidad	Valor Límite dB(A) (Diurno)	Superficie expuesta					
		Cumple (km^2)	Cumple (%)	No Cumple (km^2)	No Cumple (%)	Total (km^2)	Total (%)
I	55	0,42	99,39	0,003	0,61	0,43	0,96
II	60	23,42	91,30	2,23	8,70	25,66	57,74
III	65	9,28	97,95	0,19	2,05	9,48	21,33
IV	70	8,87	99,96	0,004	0,04	8,87	19,97
Total general		42,00	94,53	2,43	5,47	44,43	100

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del presente estudio.

Como resultado, se pueden apreciar un total de ocho variables, las cuales se dividen a grandes rasgos en la zona respectiva que cumple y que supera el estándar estipulado por la Norma OPB841.14 para cada zona. Para este caso, período diurno, cerca del 95% de la superficie modelada se encuentra cumpliendo con el límite definido para cada zona de acuerdo a la Norma suiza, mientras que el otro 5% aprox. está superando el estándar. Destaca principalmente el caso de la zona II, el que, a pesar de ser una superficie menor (alrededor de los 2,23 km^2) es el intervalo donde se concentra la mayor superación de la Norma. Mediante las figuras 81 y 82 se puede observar que los sectores donde se supera la Norma para la zona II son sectores aledaños a la Ruta 160, desde el By-Pass hasta el centro histórico de Coronel, correspondiente a la zona Sur de la comuna.

Las zonas I y IV son las que presentan un mayor porcentaje de cumplimiento de la Norma. Para el caso de la superficie homologada como zona I, correspondiente a sectores de áreas verdes y parques comunales, los cuales se encuentran alejados de ejes viales principales existiendo una transición de zonas que le permiten mantenerse bajo el límite permisible. Para la zona IV, correspondiente a zonas de uso industrial, el ruido generado por el tráfico vehicular cumple con la Norma en prácticamente toda su extensión por su nivel límite de inmisión más permisivo respecto de las demás zonas.

5.3.2 Evaluación tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo nocturno

A continuación se procede a entregar la evaluación del tráfico vehicular a través de la Norma Suiza OPB 841.41 para el periodo nocturno. Es importante precisar que el área evaluada (límite urbano de Coronel) es menor al área total definida en este estudio, radicando dicha diferencia en la escala a la cual está desarrollado el PRC, descartando la superficie de los ejes viales (ancho de la calle).

La evaluación del ruido de tráfico vehicular, a partir de la Norma Suiza, se realizó en base al mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión), figura 29, y del mapa con los niveles de ruido producto del tráfico vehicular, figuras 59-60 (periodo nocturno) donde el cruce de ambos entregó como resultado las zonas de cumplimiento o incumplimiento, las cuales se detallan a continuación.

Las figuras 83 y 84 son el resultado del cruce de dos mapas, el mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión) y los niveles de ruido de tráfico vehicular para el período diurno, visualizando la superación o no del estándar definido para cada zona. La tabla 40 enseña las estadísticas de la superficie que se encuentra en estado de cumplimiento o superación del estándar definido de acuerdo a las distintas zonas en función del Reglamento de la Confederación (OPB 814.41).

A continuación, se muestra el mapa resultante del cruce de la Norma suiza a partir del PRC de Coronel para establecer el estado de los valores de inmisión (cumplimiento o superación) respecto del límite definido para cada zona.

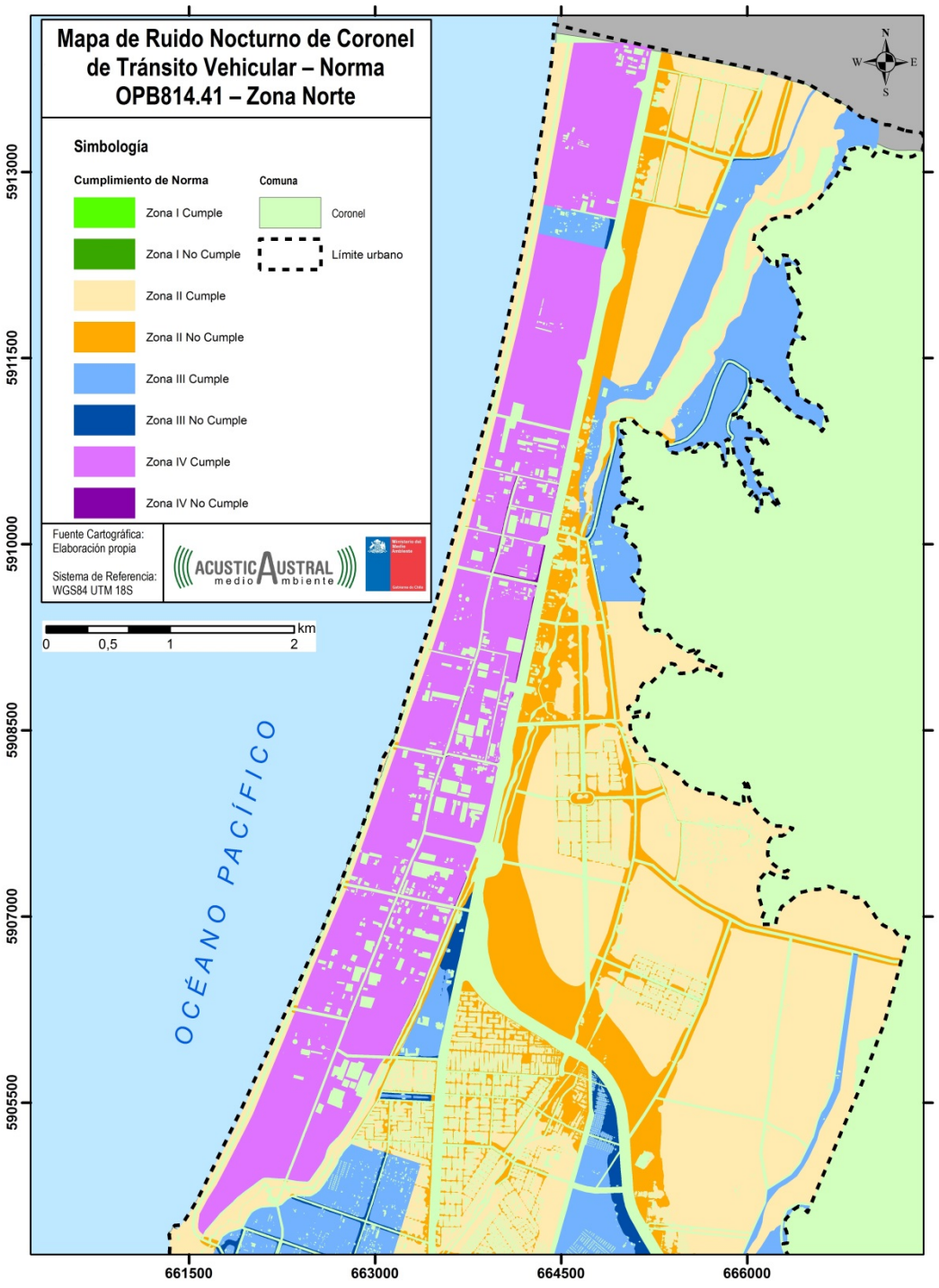


Figura 83: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo nocturno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

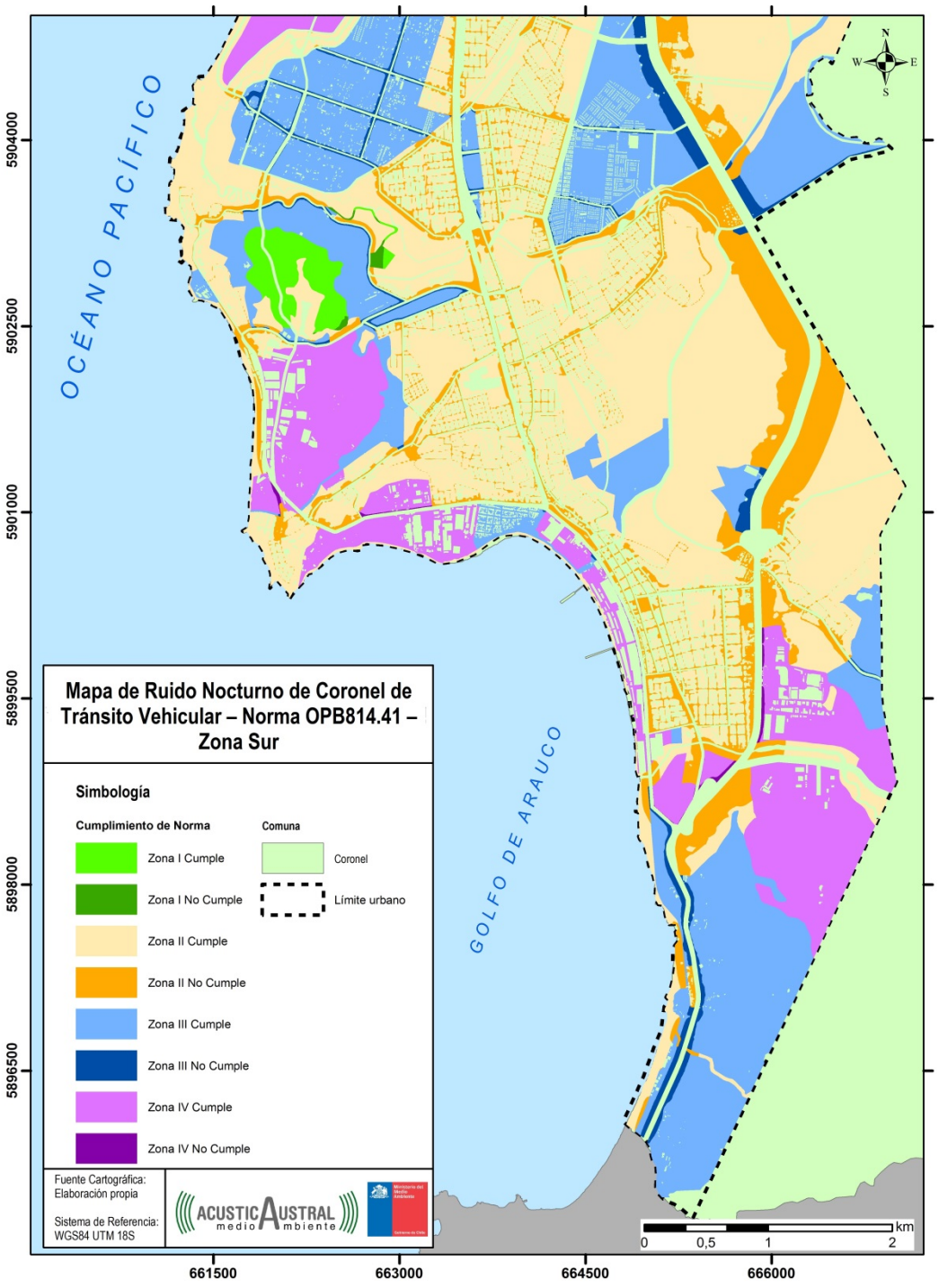


Figura 84: Mapa de ruido tráfico vehicular en periodo nocturno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación Suiza OPB814.14 para el período nocturno.

Zona Grado de Sensibilidad (Art.43)	Valor Límite dB(A) Nocturna	Superficie expuesta					
		Cumple (km^2)	Cumple (%)	No Cumple (km^2)	No Cumple (%)	Total (km^2)	Total (%)
I	45	0,40	93,78	0,03	6,22	0,43	0,96
II	50	19,69	76,93	5,91	23,07	25,60	57,75
III	55	8,69	92,25	0,73	7,75	9,42	21,26
IV	60	8,81	99,35	0,06	0,65	8,87	20,02
Total general		37,60	84,84	6,72	15,16	44,32	100

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del presente estudio.

Para el periodo nocturno la Norma suiza disminuye en 10 dBA el límite superior de cada zona, volviéndose más restrictivo y, por ende, se obtienen resultados con mayor porcentaje de superación, los cuales se aprecian en las figuras 83 y 84. Cerca del 85% de la superficie modelada se encuentra bajo es estándar definido de acuerdo a la zona, mientras que el otro 15% restante la supera. En cuanto a la superficie en incumplimiento, la Zona II es la que cuenta con mayor superficie que supera la Norma (23,07% del total de superficie definida) y corresponde a aquellos sectores continuos a la Ruta 160, desde el límite comunal norte hasta el empalme con el camino a Lota (visualizar figuras 83 y 84).

Al igual que durante el periodo diurno, las zonas con menor incumplimiento de la Norma suiza son la zona I y IV. Los factores por los cuales ocurre esto, posiblemente se deban a los mencionados antes, es decir, una sucesión de zonas que le permite a la zona I mantenerse alejada de los niveles de ruido más elevados y, por otro lado, un descenso del tráfico de vehículos dentro de zonas industriales para el periodo nocturno.

5.3.3 Evaluación tránsito ferroviario a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo diurno

La evaluación del ruido de tráfico ferroviario, a partir de la Norma Suiza, se realizó en base al mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión), figura 29, y del mapa con los niveles de ruido producto del tráfico vehicular, figuras 68-69 (periodo diurno) donde el cruce de ambos entregó como resultado las zonas de cumplimiento o incumplimiento, las cuales se detallan a continuación.

Las figuras 85 y 86 son el resultado del cruce de dos mapas, el mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión) y los niveles de ruido de tráfico ferroviario para el período diurno, visualizando el cumplimiento o la superación del estándar definido para cada zona. La tabla 41 enseña las estadísticas de la superficie que se encuentra en estado de cumplimiento o superación del estándar definido de acuerdo a las distintas zonas en función del Reglamento de la Confederación (OPB 814.41).

A continuación, se muestra el mapa resultante del cruce de la Norma suiza a partir del PRC de Coronel para establecer el estado de los valores de inmisión (cumplimiento o superación) respecto del límite definido para cada zona.

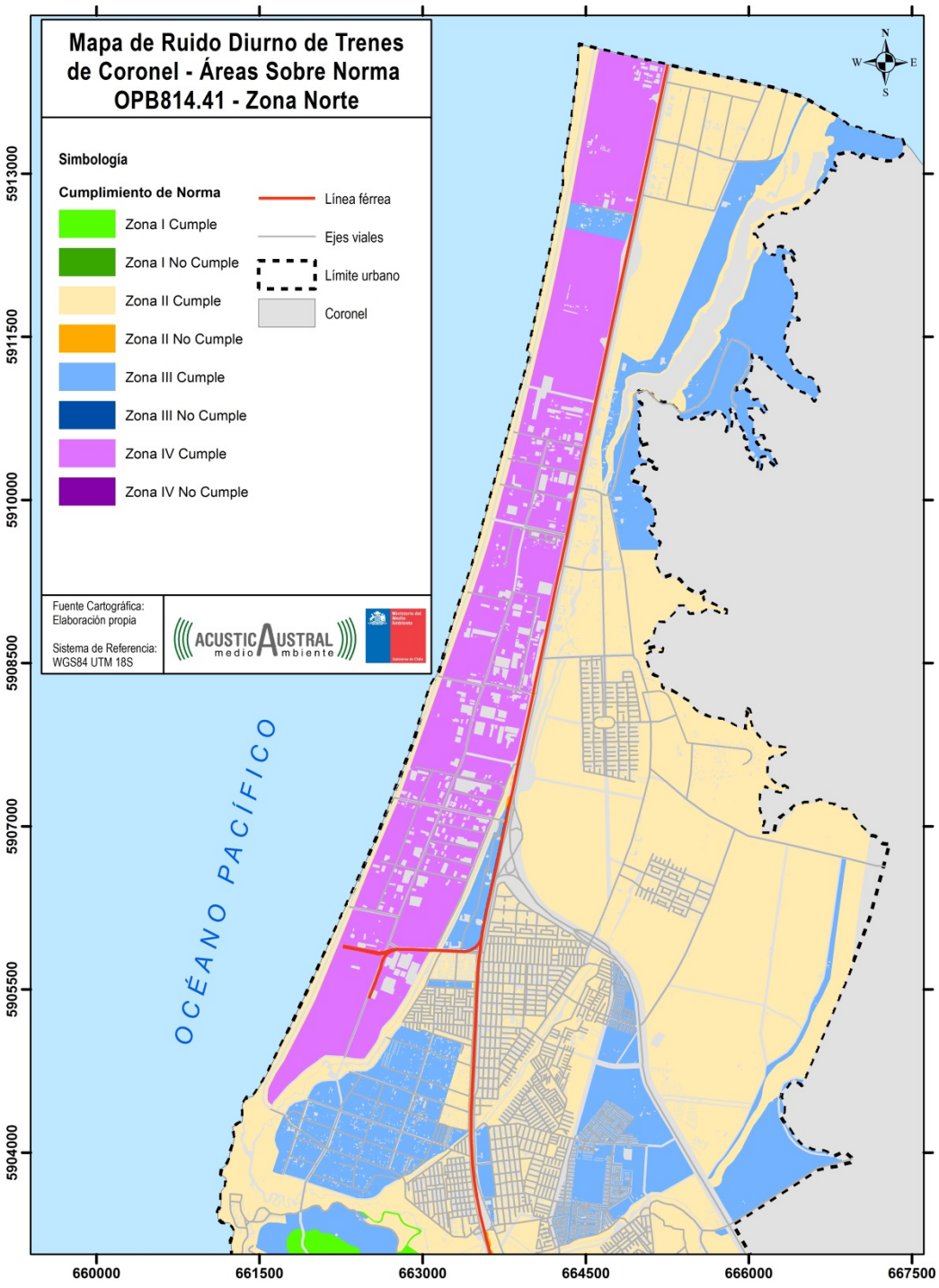


Figura 85: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo diurno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

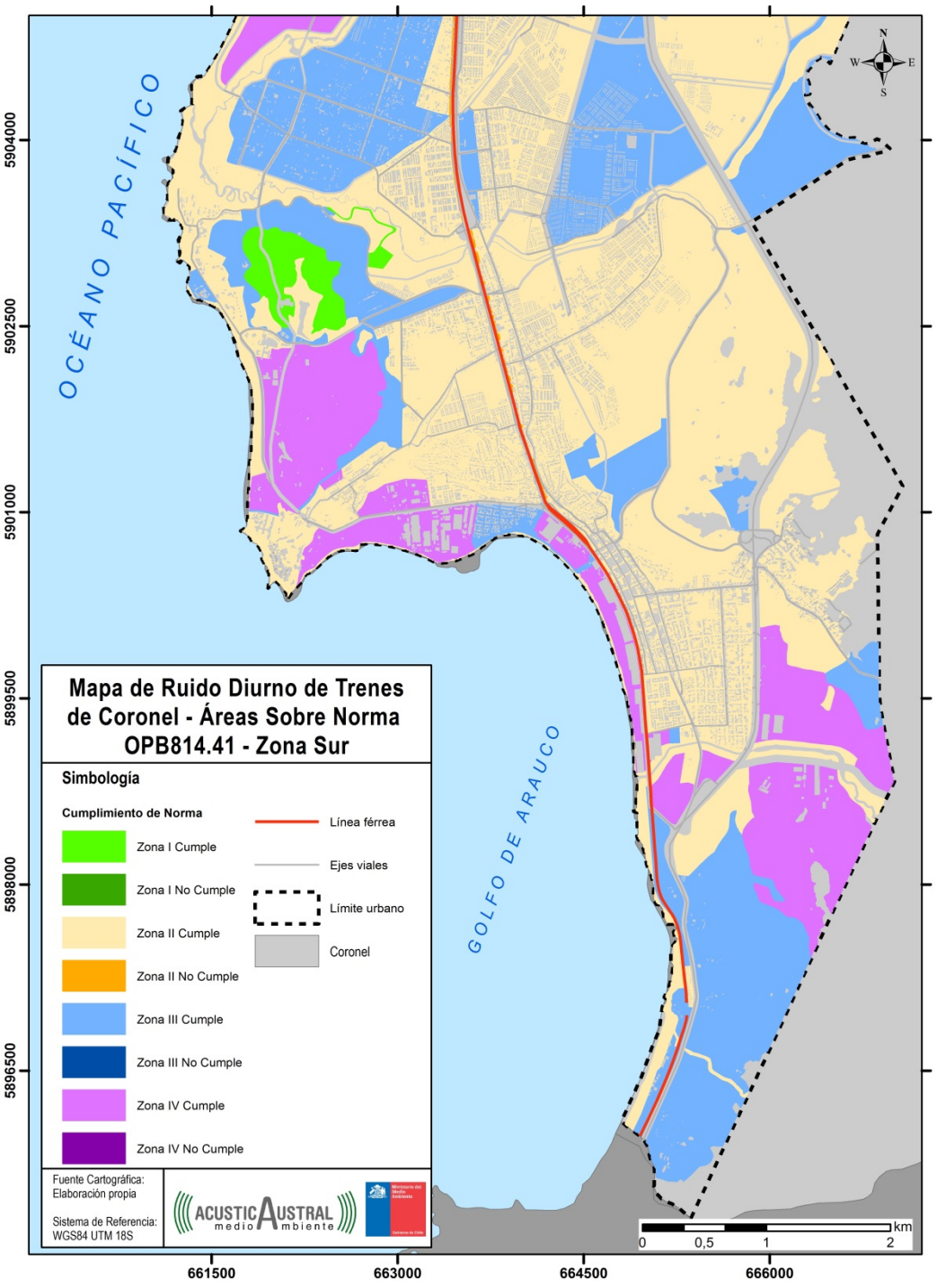


Figura 86: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo diurno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación Suiza OPB814.14 para el período diurno.

Zona Grado de Sensibilidad (Art.43)	Valor Límite dB(A) Nocturna	Superficie expuesta					
		Cumple (km^2)	Cumple (%)	No Cumple (km^2)	No Cumple (%)	Total (km^2)	Total (%)
I	45	0,43	100,00	0,00	0,00	0,43	0,88
II	50	27,78	98,97	0,29	1,03	28,07	58,09
III	55	9,70	99,26	0,07	0,74	9,78	20,23
IV	60	10,05	100,00	0,00	0,00	10,05	20,80
Total general		47,96	99,25	0,36	0,75	48,33	100

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del presente estudio.

Como resultado, se pueden apreciar la superficie que se encuentra bajo o sobre estándar estipulado por la Norma OPB 841.14 para cada zona. Para este caso, período diurno, más del 99% de la superficie modelada se encuentra cumpliendo con el límite definido para cada zona de acuerdo a la Norma suiza. La zona que aporta el mayor porcentaje de incumplimiento es la zona II. Mediante las figuras 85 y 86 se puede verificar que los sectores donde no se cumple el estándar definido para la zona II son zonas continuas a la línea ferroviaria.

En las zonas I y IV se presenta un cumplimiento del 100% de la superficie definida. Para el caso de la zona I este cumplimiento se debe al emplazamiento distante de éstas respecto de la línea ferroviaria. Para el caso de la zona IV, correspondiente a zona de uso industrial, el cumplimiento se debe al valor límite fijado para este tipo de zonas, acorde a las actividades que en él se permiten.

5.3.4 Evaluación tránsito ferroviario a través de la Norma Suiza OPB 841.41, periodo nocturno

La evaluación del ruido de tráfico ferroviario, a partir de la Norma Suiza, se realizó en base al mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión), figura 29, y del mapa con los niveles de ruido producto del tráfico vehicular, figuras 70-71 (periodo nocturno) donde el cruce de ambos entregó como resultado las zonas de cumplimiento o incumplimiento, las cuales se detallan a continuación.

Las figuras 87 y 88 son el resultado del cruce de dos mapas, el mapa de homologación de zonas del PRC de Coronel según el OPB 841.14 (Norma de inmisión) y los niveles de ruido de tráfico ferroviario para el período nocturno, visualizando el cumplimiento o la superación del estándar definido para cada zona. La tabla 42 enseña las estadísticas de la superficie que se encuentra en estado de cumplimiento o superación del estándar definido de acuerdo a las distintas zonas en función del Reglamento de la Confederación (OPB 814.41).

A continuación, se muestra el mapa resultante del cruce de la Norma suiza a partir del PRC de Coronel para establecer el estado de los valores de inmisión (cumplimiento o superación) respecto del límite definido para cada zona

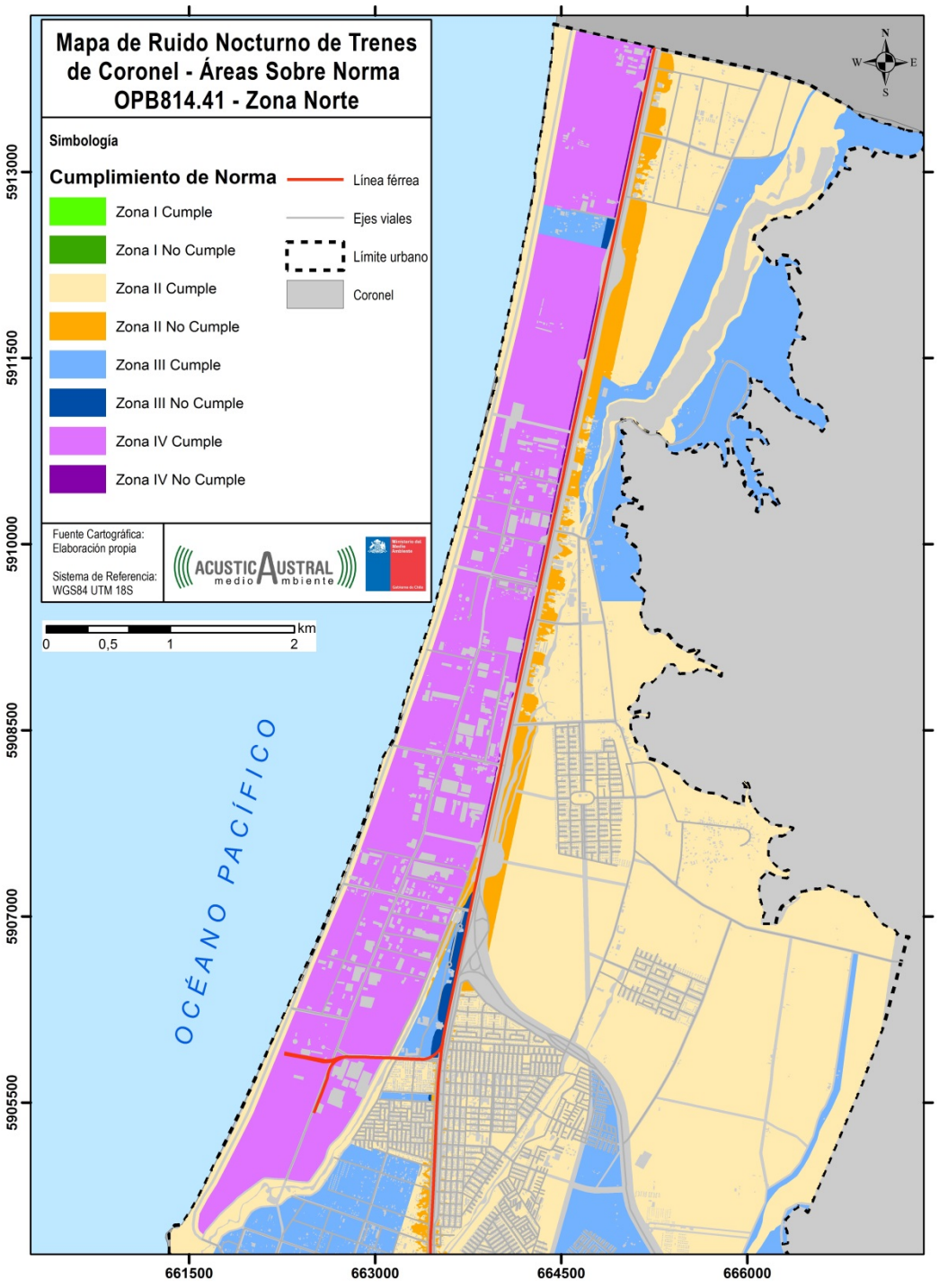


Figura 87: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo nocturno Zona Norte de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

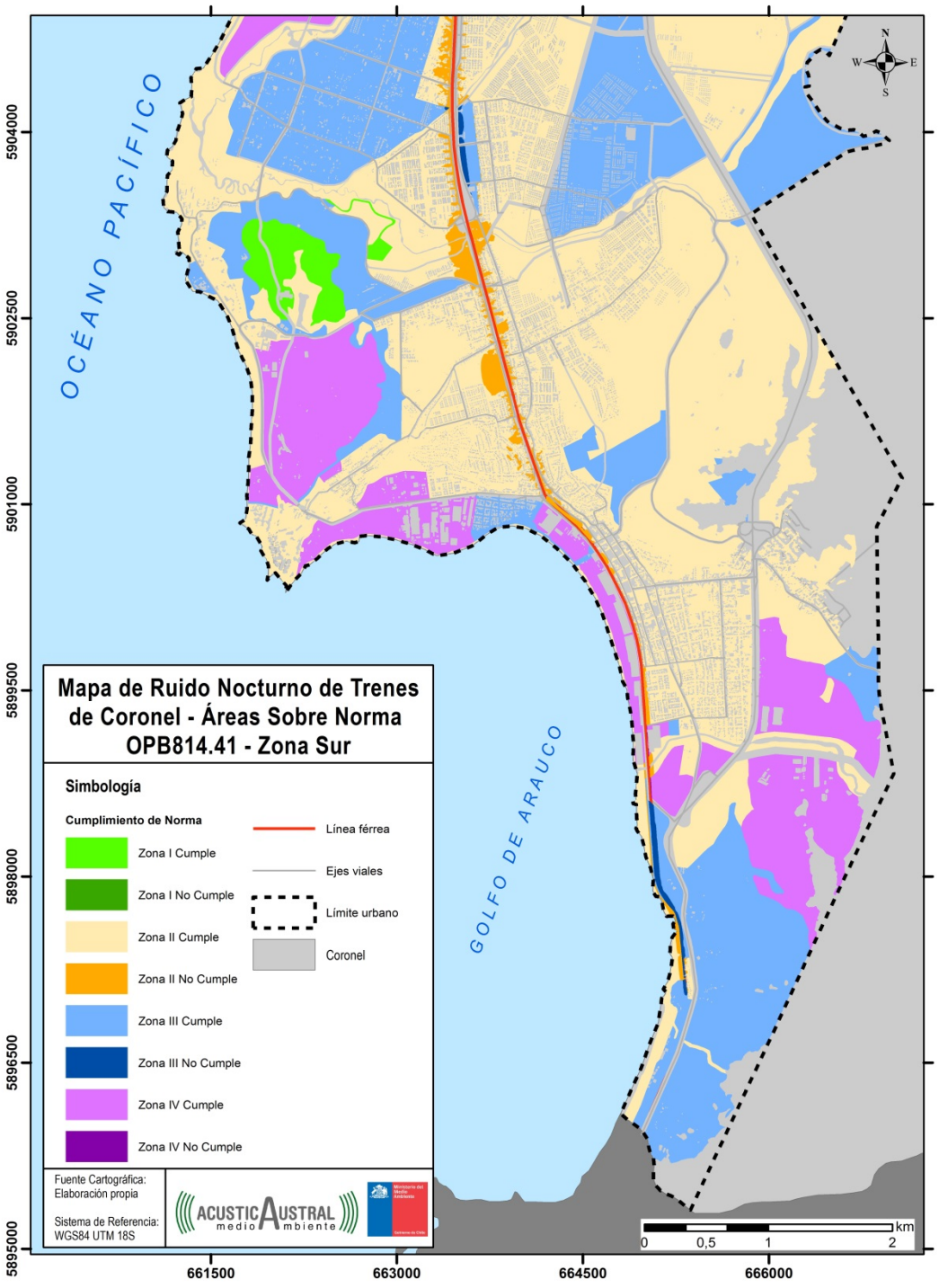


Figura 88: Mapa de ruido tráfico trenes en periodo nocturno Zona Sur de Coronel, en base a la Norma Suiza OPB 841.41. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Superficie en cumplimiento de Coronel según el Reglamento de la Confederación suiza OPB814.14 para el período nocturno.

Zona Grado de Sensibilidad (Art.43)	Valor Límite dB(A) Nocturna	Superficie expuesta					
		Cumple (km^2)	Cumple (%)	No Cumple (km^2)	No Cumple (%)	Total (km^2)	Total (%)
I	45	0,40	92,73	0,03	7,27	0,43	0,89
II	50	24,39	87,03	3,63	12,97	28,02	58,15
III	55	9,31	95,87	0,40	4,13	9,71	201,4
IV	60	9,73	96,97	0,30	3,03	10,03	20,82
Total general		43,82	90,93	4,37	9,07	48,19	100

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del presente estudio.

Para el periodo nocturno, los valores límites establecidos para cada zona son menores, por ende más restrictivo, acorde a las actividades que él se desarrollan, como es el descanso de la población. Más del 90% de la superficie modelada se encuentra cumpliendo la Norma suiza, mientras que el otro 9% restante la supera. Dentro de esta última destaca una vez más la zona II, la cual posee un porcentaje del 12,97% de su superficie sobre el valor límite. Este incremento en la superficie que presenta incumplimiento respecto del periodo diurno, se basa principalmente, en valores más exigentes para este periodo en cada zona, como se señaló anteriormente y a la cercanía del emplazamiento de esta zona con la fuente emisora (línea ferroviaria).

5.4 Evaluación de los Niveles Globales de Ruido a través de Criterios OCDE

Debido a que no existe normativa a nivel nacional que permita evaluar niveles de exposición a ruido, se utilizaron criterios recomendados tanto por la OCDE, del cual Chile es país miembro desde el año 2010, como por la Unión Europea, los cuales recomiendan niveles máximos de ruido ambiental exterior, diferenciando periodos diurnos y nocturnos, sin considerar la diferencia del tipo de fuente involucrado en su emisión. Estos valores exteriores corresponden a 65 dBA para Nivel día (Ld) y 55 dBA para Nivel noche (Ln) [OCDE 1991].
La evaluación de los niveles de ruido a través de Criterios OCDE, se realizó a partir de los mapas de ruido globales de la comuna, figuras 72-73 (periodo diurno) y figuras 74-75 (periodo nocturno) contenidos en el capítulo 4 (Resultados de Mapas de Ruido), donde se evaluó superficie expuesta, población potencialmente expuesta, y establecimientos educacionales y de salud expuestos a niveles de ruido en la comuna.
Además la presente evaluación consideró la superficie y población potencialmente expuesta a distintos niveles de ruido por cada uno de los distritos de la comuna de Coronel, los cuales se detallan en este capítulo.

5.4.1 Evaluación superficie expuesta a través de Criterios OCDE, periodo diurno

A continuación, en la tabla 43, se encuentran los valores de superficie expuesta a distintos intervalos de ruido cada 5 dBA por cada uno de los distritos de la comuna de Coronel (ver figura 5) que fueron considerados para el estudio donde posteriormente en la tabla 44 se evalúa la superficie que se encuentra en conformidad o superando los criterios establecidos por la OCDE para periodo diurno, información que se encuentra representada en la figura 89, a través del porcentaje de superficie por distrito. Además, mediante las figuras 90 y 91, Coronel Norte y Sur respectivamente, se identifica la superficie expuesta a niveles diurnos sobre los 65 dBA, criterio OCDE, considerado como un valor que puede atentar seriamente contra la salud [Rey G, et al 2009].

Tabla 43: Superficie expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo diurno.

Intervalos de ruido	*Superficie por Distritos*																			
	Buen Retiro		*Corcovado*		*El Calabozo*		*Escuadrón*		*Municipalidad*		*Playa Negra*		*Schwager*		*Sin distrito*		*Villa Mora*		*Total Intervalo*	
dBA	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
<35	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,19	0	*0*	*0,03*	*0,06*
35 - 40	0	0,03	0,02	0,86	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,01	0,09	0,32	2,31	0,01	*0,11*	*0,35*	*0,69*
40 - 45	0,09	2,05	0,13	5,4	0	0	0,33	1,94	0	0,17	0	0,01	0,39	6,82	2,61	19,01	0,44	*9,18*	*3,99*	*7,91*
45 - 50	0,89	20,24	0,39	16,67	0	0	2,07	12,11	0,06	8,50	0,02	1,93	1,67	29,19	3,31	24,05	1,85	*38,95*	*10,26*	*20,34*
50 - 55	1,51	34,46	0,61	26,26	0,04	7,13	4,24	24,81	0,09	13,25	0,11	9,28	1,6	27,86	3,64	26,52	1,38	*29,10*	*13,23*	*26,22*
55 - 60	0,99	22,44	0,58	24,84	0,21	39,01	5,3	31,05	0,14	20,44	0,46	38,85	1,07	18,76	2,03	14,80	0,62	*13,05*	*11,41*	*22,62*
60 - 65	0,45	10,29	0,33	14,15	0,16	29,52	2,84	16,64	0,12	18,04	0,35	29,26	0,54	9,37	0,95	6,95	0,18	*3,85*	*5,93*	*11,75*
65 - 70	0,26	5,85	0,16	6,95	0,07	12,52	1,37	8,01	0,15	21,66	0,14	11,63	0,3	5,15	0,44	3,202	0,14	*2,91*	*3,02*	*5,98*
70 - 75	0,14	3,10	0,05	2,28	0,03	4,74	0,45	2,66	0,1	14,69	0,07	5,49	0,13	2,27	0,19	1,36	0,07	*1,46*	*1,22*	*2,42*
75 - 80	0,06	1,37	0,04	1,56	0,02	3,38	0,32	1,86	0,02	2,59	0,03	2,30	0,02	0,40	0,18	1,31	0,05	*1,04*	*0,73*	*1,45*
>80	0,01	0,17	0,02	0,90	0,02	3,70	0,15	0,90	0	0,65	0,01	1,24	0	0,09	0,04	0,28	0,02	0,34	0,28	0,56
Total distrito	4,39	100	2,34	100	0,54	100	17,08	100	0,68	100	1,19	100	5,73	100	13,74	100	4,76	100	50,45	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

Utilizando la tabla anterior (tabla 44) se determina la superficie potencialmente expuesta por distrito bajo o sobre el criterio de aceptabilidad según Criterio OCDE para el periodo diurno, correspondiente a 65 dBA.

Tabla 44: Evaluación superficie expuesta por distrito al ruido a través de criterios OCDE, periodo diurno.

Distrito	*Superficie Expuesta*					
	< 65 dBA		*> 65 dBA*		*Total distrito*	
	km²	*%*	*km²*	*%*	*km²*	*%*
Buen Retiro	3,93	89,51	0,46	10,49	4,39	8,70
Corcovado	2,06	88,30	0,27	11,70	2,34	4,64
El Calabozo	0,41	76,65	0,13	24,35	0,54	1,07
Escuadrón	14,79	86,57	2,29	13,43	17,08	33,85
Municipalidad	0,41	60,41	0,27	39,59	0,68	1,35
Playa Negra	0,94	79,33	0,25	20,67	1,19	2,36
Schwager	5,27	92,09	0,45	7,91	5,73	11,36
Sin distrito	12,90	93,83	0,85	6,17	13,74	27,23
Villa Mora	4,48	94,25	0,27	5,75	4,76	9,44
Total límites OCDE	*45,2*	*89,60*	*5,25*	*10,40*	*50,45*	*100*

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

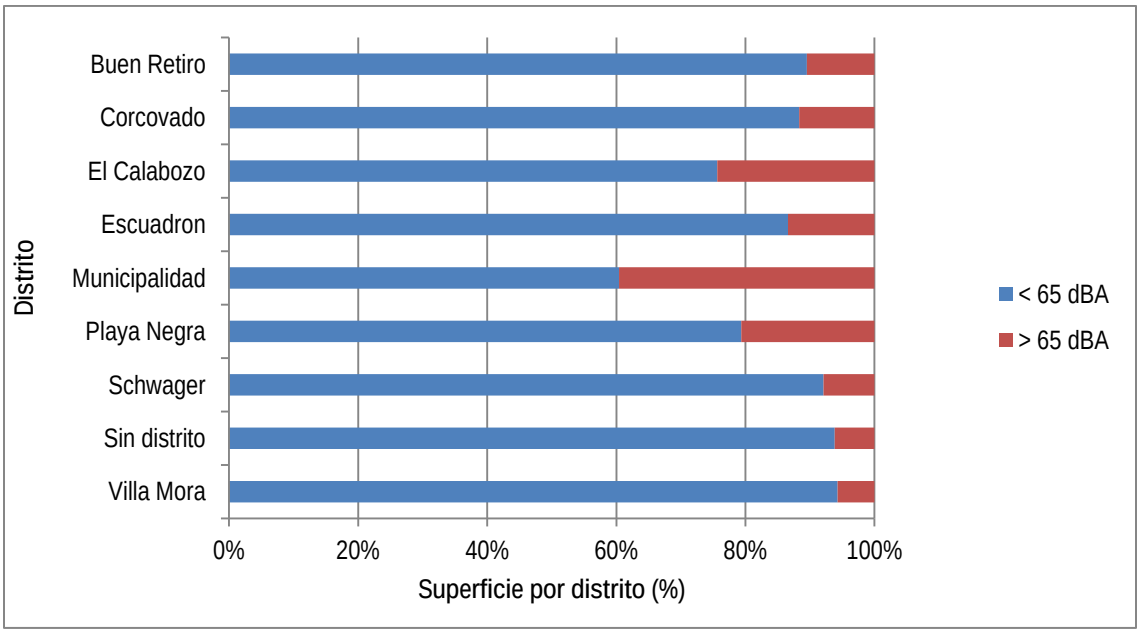


Figura 89: Mapa de ruido global superficie expuesta al ruido a través de criterios OCDE para el periodo diurno, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

El distrito Municipalidad presenta el mayor porcentaje de superficie expuesta sobre el criterio OCDE (>65 dBA) para el periodo diurno, entorno al 40% (0,27 km^2), seguido del distrito El Calabozo con un casi 25% (0,13 km^2). Este porcentaje del distrito Municipalidad sobre el criterio OCDE para el periodo diurno, equivalente a 0,62 km^2, se debe a que éste es pequeño en comparación a otros distritos como Escuadrón (17,08 km^2) o Schwager (5,73 km^2) y contiene a la superficie del puerto de Coronel, el cual aporta la mayor parte. En el caso del distrito El Calabozo (0,54 km^2), también pequeño en superficie respecto de otros, posee un tramo de superficie continuo a la Ruta 160, la cual tiene un alto flujo vehicular que genera niveles por sobre los 65 dBA.

El distrito que concentra la mayor superficie sobre el criterio OCDE corresponde a Escuadrón, el cual contiene a los parques industriales que generan en su misma superficie niveles sobre los 65 dBA en el periodo diurno, alrededor de 2,3 km^2. Además es donde opera una mayor cantidad de fuentes emisoras de ruido (empresas) dentro de ellos. Otra fuente que aporta a esa superficie sobre los 65 dBA, en el distrito Escuadrón, es la Ruta 160. La Ruta 160 aporta además niveles sobre los 65 dBA a la superficie de los distritos por donde pasa, vale decir distritos, El Calabozo, Corcovado y Playa Negra.

Todos los demás distritos, incluido el distrito Sin Distrito obtienen superficies menores a 1 km^2 con niveles sobre 65 dBA, tal como se visualiza en la tabla 44.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, a continuación, se presenta la cartografía correspondiente a la superficie expuesta sobre el criterio OCDE (color rojo) en figuras 90 y 91, a partir del mapa de ruido global diurno (ver figuras 72 y 73), en donde se considera como aceptable valores de ruido iguales o inferiores a 65 dBA para dicho periodo.

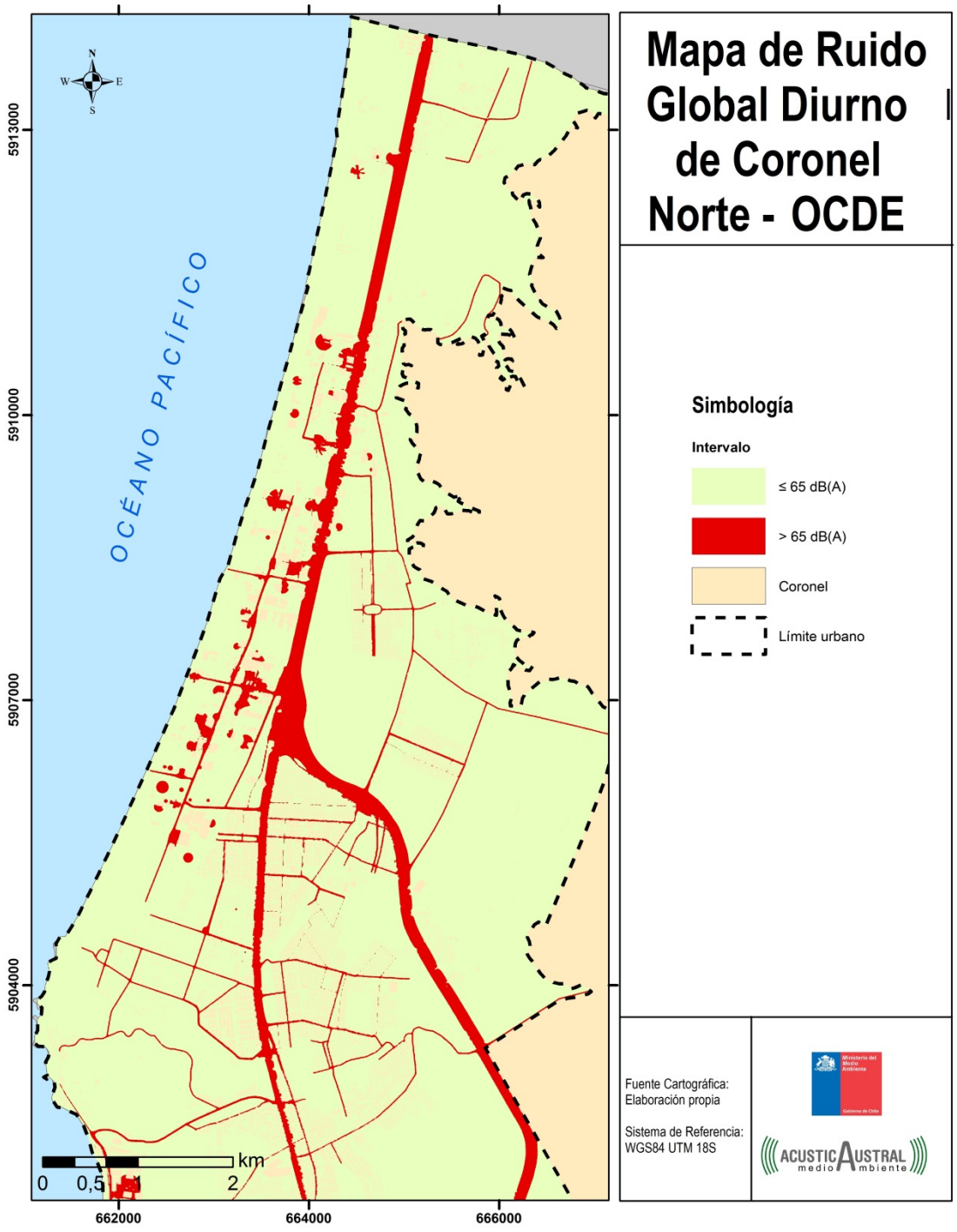


Figura 90: Mapa de ruido Global en periodo diurno en base a Criterio OCDE, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

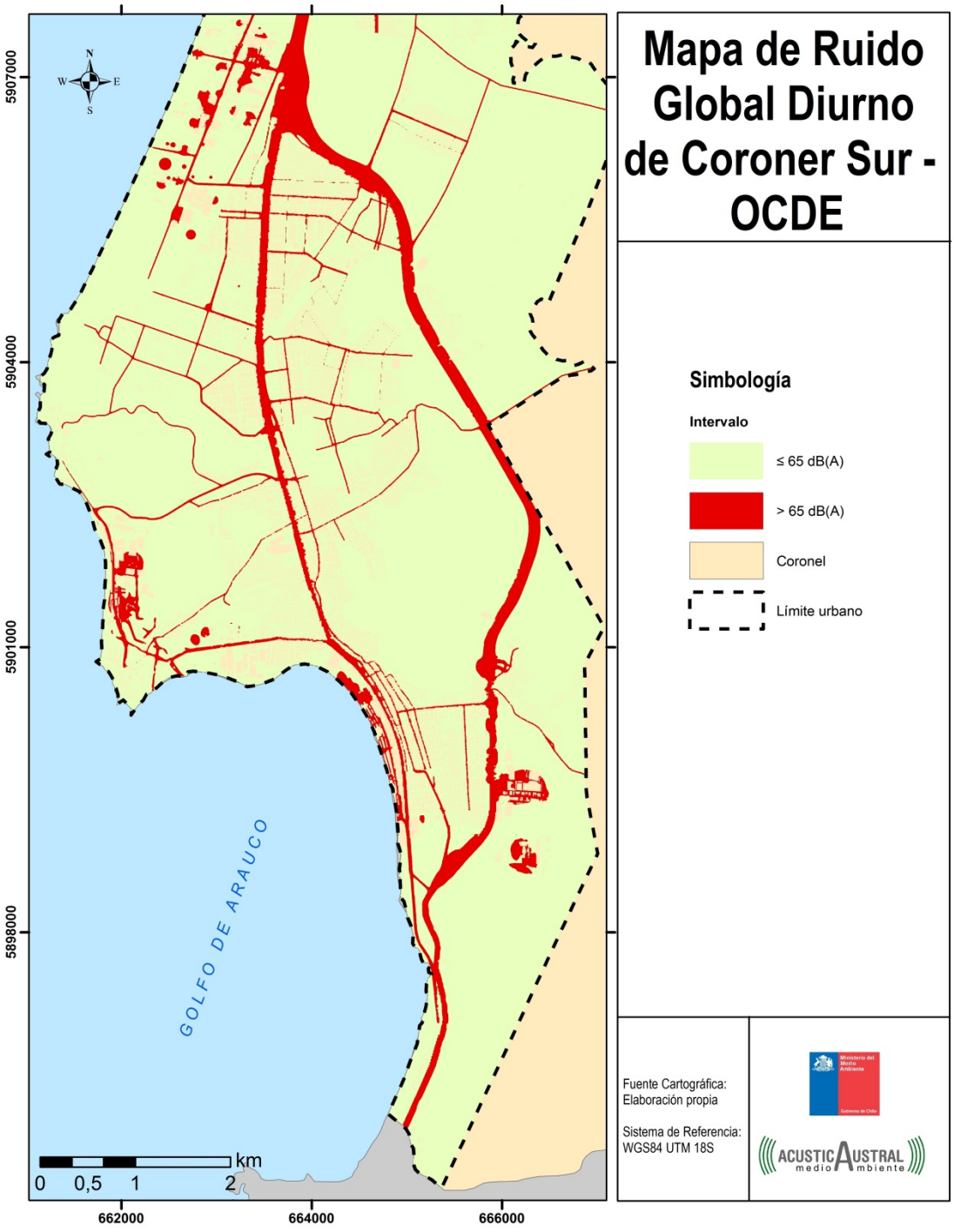


Figura 91: Mapa de ruido Global en periodo diurno en base a Criterio OCDE, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Evaluación superficie expuesta a través de Criterios OCDE, periodo nocturno

A continuación, en la tabla 45, se encuentran los valores de superficie expuesta a distintos intervalos de ruido cada 5 dBA por cada uno de los distritos de la comuna de Coronel (ver figura 5) que fueron considerados para el estudio donde posteriormente en la tabla 46 se evalúa la superficie que se encuentra en conformidad o superando los criterios establecidos por la OCDE para periodo nocturno, información que se encuentra representada en la figura 92, a través del porcentaje de superficie por distrito. Además, mediante las figuras 93 y 94, Coronel Norte y Sur respectivamente, se identifica la superficie expuesta a niveles nocturnos sobre los 55 dBA, criterio OCDE.

Tabla 45: Superficie expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo nocturno.

Intervalos de ruido	*Superficie por Distritos*																			
	Buen Retiro		*Corcovado*		*El Calabozo*		*Escuadrón*		*Municipalidad*		*Playa Negra*		*Schwager*		*Sin distrito*		*Villa Mora*		*Total Intervalo*	
dBA	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
<35	0,00	0,00	0,01	0,58	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,73	0,00	0,02	0,12	0,23
35 - 40	0,01	0,18	0,13	5,44	0,00	0,00	0,11	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	1,21	1,94	14,08	0,10	2,07	2,35	4,66
40 - 45	0,46	10,37	0,32	13,50	0,00	0,00	1,81	10,62	0,03	4,46	0,00	0,08	0,92	15,99	3,04	22,08	1,88	39,52	8,45	16,74
45 - 50	1,60	36,35	0,48	20,52	0,06	10,25	3,69	21,60	0,10	14,43	0,04	3,66	2,07	36,11	3,53	25,70	1,61	33,94	13,18	26,12
50 - 55	1,28	29,14	0,60	25,49	0,22	40,74	5,23	30,61	0,14	20,15	0,37	30,77	1,29	22,53	2,70	19,65	0,69	14,56	12,51	24,80
55 - 60	0,46	10,37	0,36	15,50	0,15	26,92	3,47	20,32	0,09	13,45	0,43	35,84	0,63	11,08	1,34	9,75	0,18	3,71	7,10	14,08
60 - 65	0,33	7,53	0,28	11,79	0,06	11,07	1,62	9,48	0,13	19,43	0,21	17,55	0,45	7,87	0,61	4,42	0,15	3,07	3,83	7,59
65 - 70	0,14	3,23	0,09	4,02	0,02	4,40	0,61	3,59	0,11	15,86	0,09	7,24	0,22	3,81	0,25	1,84	0,07	1,41	1,61	3,18
70 - 75	0,07	1,62	0,05	2,27	0,02	4,22	0,30	1,78	0,06	9,39	0,04	3,38	0,06	1,06	0,15	1,08	0,04	0,83	0,80	1,59
75 - 80	0,05	1,07	0,02	0,81	0,01	2,37	0,21	1,23	0,01	2,16	0,01	1,25	0,01	0,24	0,09	0,62	0,04	0,81	0,46	0,90
>80	0,01	0,14	0,00	0,10	0,00	0,02	0,02	0,10	0,00	0,66	0,00	0,23	0,00	0,09	0,01	0,05	0,00	0,07	0,05	0,09
Total distrito	4,39	100	2,34	100	0,54	100	17,08	100	0,68	100	1,19	100	5,73	100	13,74	100	4,76	100	50,45	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

La tabla 45 muestra la superficie (km²) expuesta a intervalos de niveles de ruido cada 5 dBA por distrito en la comuna de Coronel, a partir del Mapa de Ruido Global nocturno de Coronel (figuras 74, 75). El intervalo 50-55 dBA es el que concentra a un mayor número de distritos de superficie expuesta a ese rango, ellos son Corcovado, El Calabozo, Escuadrón y Municipalidad con porcentajes de 25,49%, 40,74%, 30,61% y 20,15% de su superficie expuesta. El distrito Municipalidad concentra un 9,39% de la superficie en el rango 70-75 dBA y un 2,16% en el rango 75-80 dBA.

Utilizando la tabla anterior (tabla 45) se determina la superficie potencialmente expuesta por distrito bajo o sobre el criterio de aceptabilidad según Criterio OCDE para el periodo nocturno, correspondiente a 55 dBA.

Tabla 46: Evaluación superficie expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo nocturno.

Distrito	*Superficie Expuesta*					
	< 55 dBA		*> 55 dBA*		*Total distrito*	
	km²	*%*	*km²*	*%*	*km²*	*%*
Buen Retiro	3,34	76,04	1,05	23,96	4,39	8,71
Corcovado	1,53	65,52	0,81	34,48	2,34	4,63
El Calabozo	0,28	50,99	0,27	49,01	0,54	1,07
Escuadrón	10,85	63,50	6,23	36,50	17,08	33,86
Municipalidad	0,27	39,04	0,41	60,96	0,68	1,35
Playa Negra	0,41	34,52	0,78	65,48	1,19	2,36
Schwager	4,34	75,86	1,38	24,14	5,73	11,35
Sin distrito	11,30	82,24	2,44	17,76	13,74	27,25
Villa Mora	4,29	90,11	0,47	9,89	4,76	9,43
Total límites OCDE	*36,60*	*76,04*	*13,84*	*23,96*	*50,45*	*100*

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del presente estudio.

Por otra parte, el siguiente gráfico muestra la información de la tabla 46 en términos de porcentajes (%) de superficie expuesta respecto del criterio de aceptabilidad (55 dBA) para el periodo nocturno.

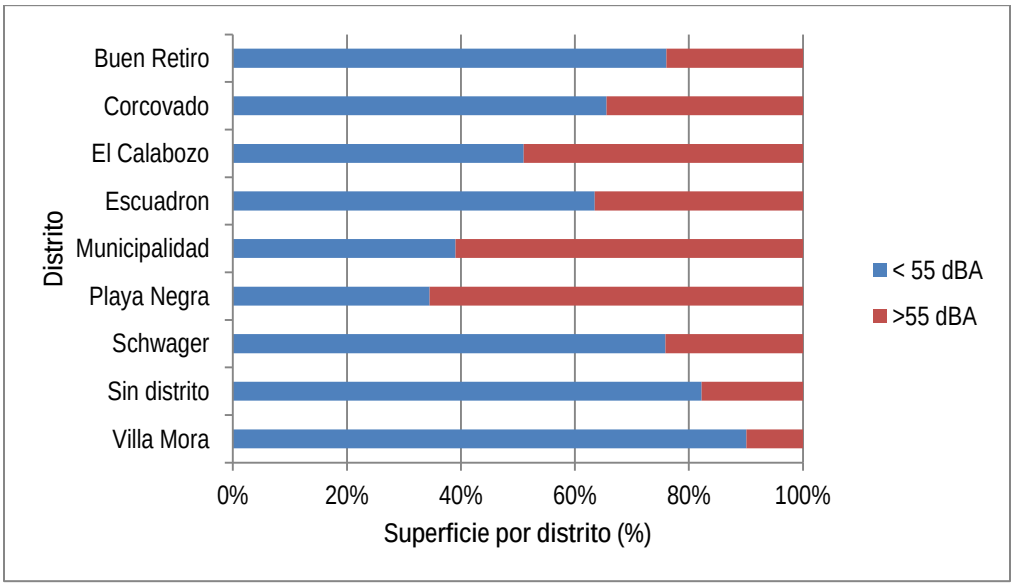


Figura 92: Porcentaje de superficie por distrito bajo o sobre criterio OCDE, periodo nocturno. Fuente: Elaboración propia en base a resultados de este estudio.

Del gráfico anterior, se puede observar que más del 27% de la superficie modelada se encuentra en niveles de ruido inaceptables (sobre los 55 dBA) según la OCDE, mientras que el 72,6% se encuentra por debajo del límite establecido por el mismo organismo internacional. Estos porcentajes de superficie que presentan superación del criterio de aceptabilidad, se sitúan para Coronel, en general, en zonas con uso industrial permitido, zonas aledañas a las principales vías la Ruta 160 en toda su extensión que atraviesa a los distritos Escuadrón, El Calabozo, Villa Mora, Corcovado y Playa Negra.

Los distritos que presentan un mayor porcentaje de superficie sobre el criterio de aceptabilidad indicado por la OCDE son: Playa Negra (65,48%) y Municipalidad (60,96%), seguidos del distrito El Calabozo (49%). Cabe destacar que el distrito Escuadrón tiene una extensión de 6,23 km2 de superficie sobre el estándar establecido como aceptable por la OCDE, siendo el que aporta la mayor superficie, siendo el sector de los parques industriales y la Ruta 160 lo que mayor contribuyen a esto.

Los distritos que presentan mayor porcentaje de superficie bajo los 55 dBA son Villa Mora (90,11%), Sin Distrito (82,24%) y Schwager (75,86%) equivalente a 4,29 km^2; 11,3 km^2 y 4,34 km^2 respectivamente.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, a continuación, se presenta la cartografía correspondiente a la superficie expuesta sobre el criterio OCDE (en color rojo) en figuras 93 y 94, a partir del mapa de ruido global nocturno (ver figuras 74 y 75), en donde se considera como aceptable valores de ruido iguales o inferiores a 55 dBA para dicho periodo.

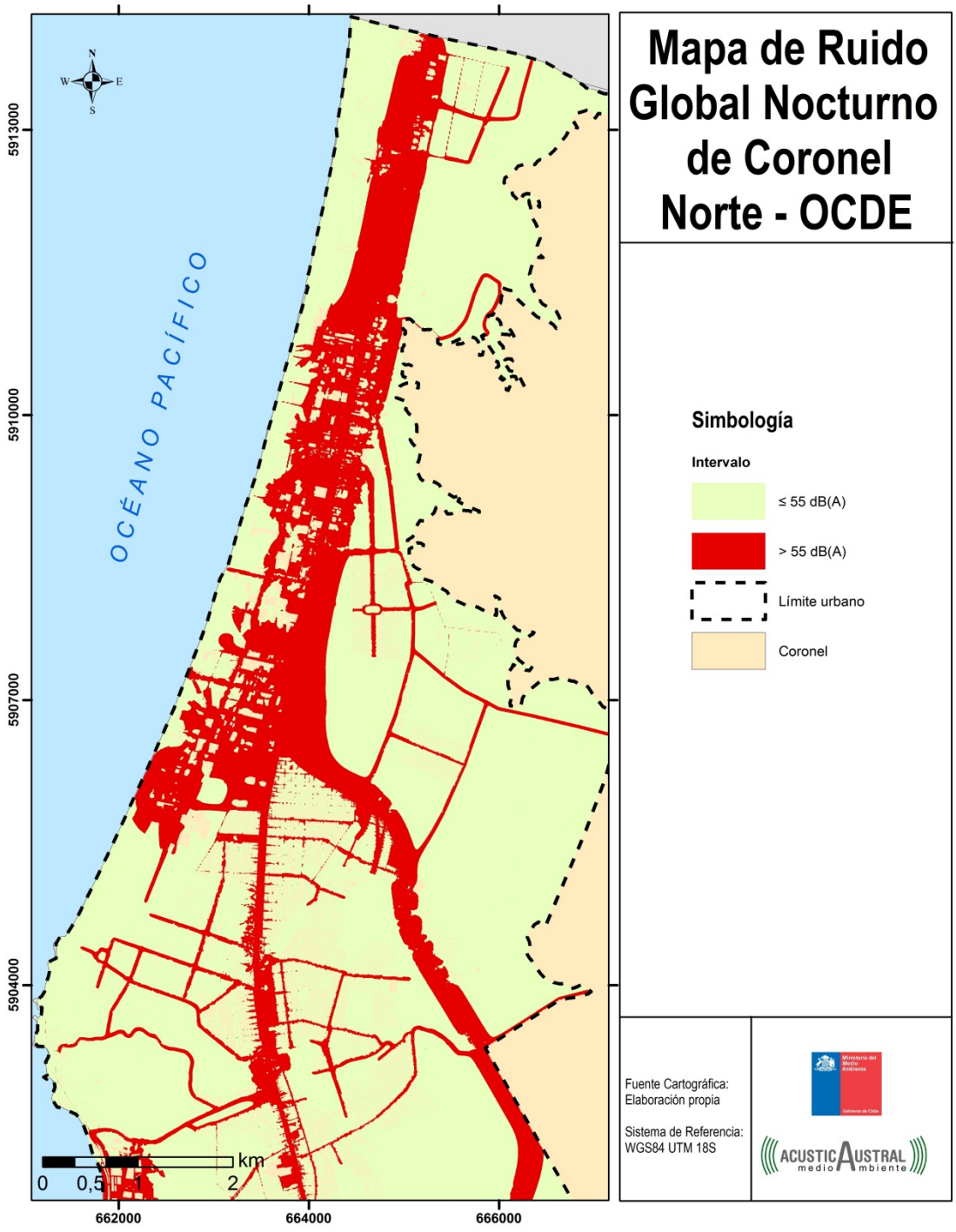


Figura 93: Mapa de ruido Global en periodo nocturno en base a Criterio OCDE, Zona Norte de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

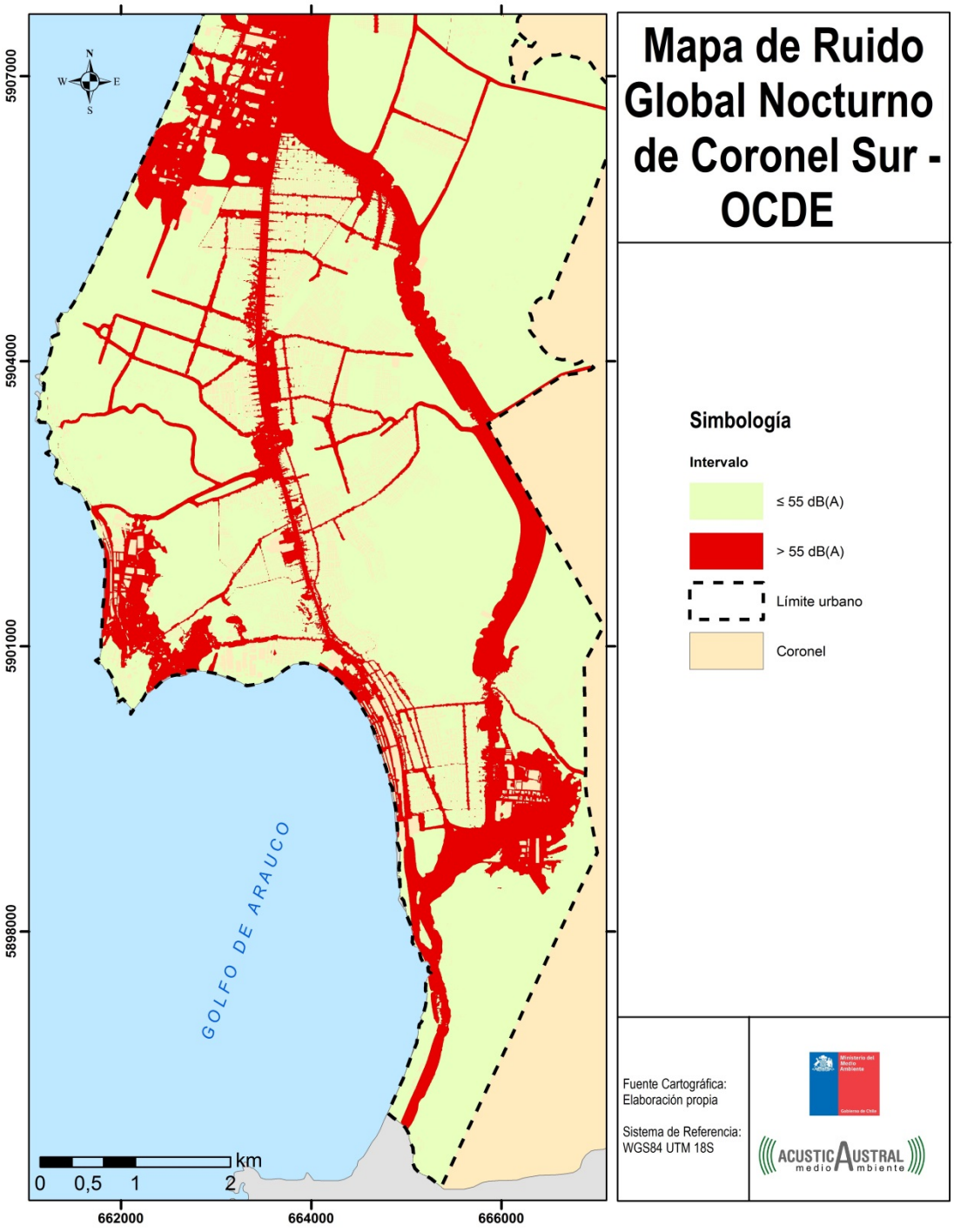


Figura 94: Mapa de ruido Global en periodo nocturno en base a Criterio OCDE, Zona Sur de Coronel. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 Evaluación población potencialmente expuesta a través de criterios OCDE, periodo diurno

A continuación, en la tabla 47, se encuentran los valores de población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por cada uno de los distritos de la comuna de Coronel, donde posteriormente en la tabla 48 se evalúa la población potencialmente expuesta que se encuentra conforme o superando los límites establecidos por la OCDE para periodo diurno, información que se encuentra representada en la figura 95, a través del porcentaje de población potencialmente expuesta por distrito.

Es importante recordar, que el distrito de Playa Negra quedó excluido de este análisis al no contar dentro de su superficie con un uso residencial o mixto permitido, criterio en el cual se basa el cálculo de la superficie potencialmente expuesta según metodología, procedimiento que se explica en detalle en el ítem 2.5.5 del capítulo 2.

Tabla 47: Población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo diurno.

Intervalos de ruido	*Población Distritos*																	
	Buen Retiro		*Corcovado*		*El Calabozo*		*Escuadrón*		*Municipalidad*		*Schwager*		*Sin distrito*		*Villa Mora*		*Total Intervalo*	
dBA	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%
<35	277	3,24	54	0,59	0	0,0	371	0,72	103	5,69	36	0,17	9	0,53	282	1,99	*1.131*	1,05
35 - 40	0	0,0	31	0,34	0	0,0	0	0,0	0	0,0	197	0,95	9	0,53	4	0,03	*241*	0,22
40 - 45	4	0,04	840	9,16	0	0,0	362	0,70	0	0,0	979	4,70	89	5,23	795	5,63	*3.070*	2,85
45 - 50	1.028	12,03	1.238	13,50	0	0,0	5.474	10,70	156	8,62	4.884	23,45	241	14,16	2.382	16,86	*15.404*	14,33
50 - 55	2.869	33,58	3.347	36,48	0	0,0	15.467	30,23	340	18,80	8.567	41,13	554	32,55	5.305	37,54	*36.448*	33,90
55 - 60	3.079	36,04	2.511	27,37	72	43,38	21.710	42,43	594	32,84	5.041	24,21	451	26,50	3.575	25,30	*37.033*	34,44
60 - 65	733	8,58	880	9,59	63	37,95	5.957	11,64	165	9,12	621	2,98	197	11,57	858	6,07	*9.474*	8,81
65 - 70	545	6,38	223	2,43	31	18,67	1.756	3,43	393	21,73	416	2,00	107	6,29	661	4,68	*4.134*	3,84
70 -75	9	0,11	31	0,34	0	0,0	72	0,14	54	2,98	72	0,35	45	2,64	179	1,27	*460*	0,43
75 - 80	0	0,0	18	0,20	0	0,0	4	0,01	4	0,22	9	0,04	0	0,0	89	0,63	*125*	0,12
>80	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	0,02	0	0,0	0	0,0	*4*	0,01
Total distrito	8.544	100	9.175	100	165	100	51.173	100	1.810	100	20.825	100	1.703	100	14.131	100	107.525	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

En general, la mayor cantidad de personas (37.033) potencialmente expuestas se concentran en los intervalos comprendidos entre 55-60 dBA seguido del intervalo 50-55 dBA con 36.448 habitantes correspondientes al 34,4% y 33,9% del total, lo que sumado corresponde a más del 60% de la población urbana de la comuna.

Es relevante el hecho que el distrito de Escuadrón es el que mayor cantidad de población aporta al área urbana de Coronel. Este solo distrito concentra más del 40% de los habitantes, por ende, aporta la mayor cantidad de población sometida a niveles de ruido entre los 50 dBA a 70 dBA, haciendo de estos intervalos los de mayor representación del área modelada.

Por otro lado, destaca al distrito Villa Mora con 179 (1,27%) personas potencialmente expuesta a rango de niveles de ruido entre 70-75 dBA, siendo el distrito con mayor presencia en ese intervalo.

Destaca el distrito Municipalidad con un 5,7% (103) y Buen Retiro con un 3,2% (277) de su población expuesta bajo los 35 dBA. El distrito de Schwager tiene un 29,3% de su población bajo los 50 dBA, equivalente a 6.096 habitantes.

A continuación se determina la población potencialmente expuesta bajo o sobre el criterio de aceptabilidad según OCDE para el periodo diurno por distrito censal.

Tabla 48: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de Criterio OCDE, periodo diurno.

Distrito	*Población Potencialmente Expuesta*					
	< 65 dBA		*> 65 dBA*		*Total distrito*	
	N° habitantes	*%*	*N° habitantes*	*%*	*N° habitantes*	*%*
Buen Retiro	7.990	93,51	554	6,49	8.554	7,95
Corcovado	8.902	97,03	273	2,97	9.175	8,53
El Calabozo	134	81,08	31	18,92	165	0,15
Escuadrón	49.431	96,42	1.832	3,58	51.173	47,59
Municipalidad	1.359	75,06	451	24,94	1.810	1,68
Schwager	20.324	97,60	501	2,40	20.825	19,37
Sin distrito	1.551	91,08	152	8,92	1.703	1,58
Villa Mora	13.201	93,42	930	6,58	14.131	13,14
Total límites OCDE	102.801	95,61	4.724	4,39	107.525	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

A partir de la tabla 48, se afirma que más de 95% de la población urbana de Coronel se encuentra potencialmente expuesta a niveles de ruido bajo los 65 dBA, criterio de aceptabilidad según OCDE, mientras que un 4,4% está expuesta sobre el valor de 65 dBA, equivalente a 4.724 personas.

Por otra parte, el siguiente gráfico muestra la información de la tabla 48 en términos de porcentajes (%) de población expuesta por distrito respecto del criterio de aceptabilidad (65 dBA) para el periodo diurno.

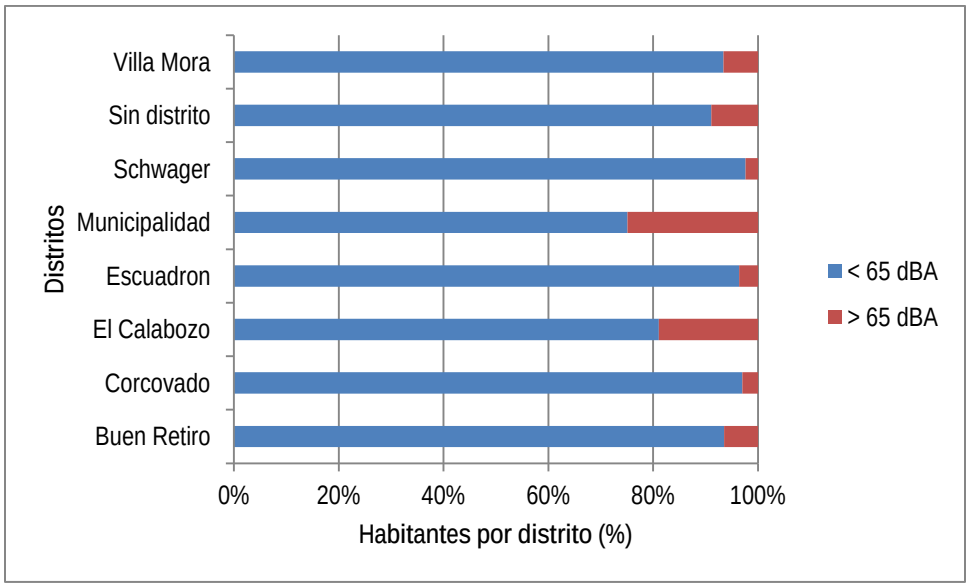


Figura 95: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo diurno. Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

Del gráfico anterior se puede observar que más del 95% de la población se encuentra en niveles de ruido bajo los 65 dBA propuestos por la OCDE como aceptables, mientras que un poco más del 4% sobrepasa el límite establecido por el mismo organismo internacional.

Los distritos que presentan un mayor porcentaje de población potencialmente expuesta sobre el criterio de aceptabilidad indicado por la OCDE son: Municipalidad (24,94%) equivalente a 451 habitantes y El Calabozo (18,92%) equivalente a 31 habitantes, seguidos del distrito Sin Distrito (8,92%) con 152 habitantes.

El distrito que aporta un número mayor de habitantes potencialmente expuesta sobre el criterio de aceptabilidad OCDE es Escuadrón y Villa Mora con 1832 y 930 habitantes respectivamente.

5.4.4 Evaluación población potencialmente expuesta a través de criterios OCDE, periodo nocturno

A continuación, en la tabla 49, se encuentran los valores de población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por cada uno de los distritos de la comuna de Coronel, donde posteriormente en la tabla 50 se evalúa la población potencialmente expuesta que se encuentra bajo o por sobre los límites establecidos por la OCDE para periodo nocturno, información que se encuentra representada en la figura 96, a través del porcentaje de población potencialmente expuesta por distrito.

Es importante recordar, que el distrito de Playa Negra quedó excluido de este análisis al no contar dentro de su superficie con un uso residencial o mixto permitido, criterio en el cual se basa el cálculo de la superficie potencialmente expuesta según metodología, procedimiento que se explica en detalle en el ítem 2.5.5 del capítulo 2.

Tabla 49: Población potencialmente expuesta a intervalos de ruido cada 5 dBA por distrito censal, periodo nocturno.

Intervalos de ruido	*Población Distritos*																	
	Buen Retiro		*Corcovado*		*El Calabozo*		*Escuadrón*		*Municipalidad*		*Schwager*		*Sin distrito*		*Villa Mora*		*Total Intervalo*	
dBA	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%	N° hab	%
<35	277	3,24	54	0,58	0	0	371	0,72	103	5,68	40	0,19	13	0,79	282	1,99	1.140	1,06
35 - 40	0	0	840	9,16	0	0	152	0,30	0	0	684	3,28	80	4,72	241	1,71	1.998	1,86
40 - 45	366	4,29	1.542	16,80	0	0	4.219	8,24	67	3,70	3.633	17,45	143	8,40	2.458	17,39	12.428	11,56
45 - 50	2.882	33,73	3.164	34,49	0	0	25.446	49,72	679	37,53	9.867	47,38	509	29,92	7.074	50,06	49.622	46,15
50 - 55	3.338	39,07	2.270	24,74	85	51,35	13.518	26,42	317	17,53	4.715	22,64	505	29,66	1.846	13,06	26.594	24,73
55 - 60	1.068	12,50	1.010	11,01	49	29,73	5.363	10,48	174	9,63	1.126	5,41	277	16,27	1.086	7,69	10.153	9,44
60 - 65	362	4,24	246	2,68	31	18,92	1.957	3,82	393	21,73	523	2,51	130	7,61	809	5,72	4.451	4,14
65 - 70	250	2,93	36	0,39	0	0	147	0,29	72	3,95	219	1,05	27	1,57	103	0,73	854	0,79
70 -75	0	0	13	0,15	0	0	0	0	4	0,25	4	0,02	18	1,05	143	1,01	183	0,17
75 - 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,04	0	0	89	0,63	98	0,09
>80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,02	0	0	0	0	4	0,004
Total distrito	8.544	100	9.173	100	166	100	51.173	100	1.809	100	20.826	100	1.702	100	14.130	100	107.525	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

La mayor cantidad de personas, 49.622, potencialmente expuestas se concentran en el intervalo comprendido entre 45-50 dBA seguido del intervalo 50-55 dBA con 26.594 habitantes correspondientes al 46,15% y 24,73% del total, lo que sumado corresponde a más del 70% de la población urbana de la comuna.

Es relevante el hecho que el distrito de Escuadrón es el que mayor cantidad de población aporta al área urbana de Coronel. Este solo distrito concentra más del 45% de los habitantes, por ende, aporta la mayor cantidad de población sometida a niveles de ruido entre los 45 dBA a 60 dBA, haciendo de estos intervalos los de mayor representación del área modelada.

Por otro lado, destacan los distritos Villa Mora, Municipalidad, y Buen Retiro con 282 (1,99%), 103 (5,68%) y 277 (3,24%) personas potencialmente expuesta respectivamente a niveles de ruido bajo los 35 dBA.

A continuación se determina la población potencialmente expuesta bajo o sobre el criterio de aceptabilidad según OCDE para el periodo nocturno por distrito censal.

Tabla 50: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de Criterio OCDE, periodo nocturno.

Distrito	*Población Potencialmente Expuesta*					
	< 55 dBA		*> 55 dBA*		*Total distrito*	
	N° habitantes	*%*	*N° habitantes*	*%*	*N° habitantes*	*%*
Buen Retiro	6.864	80,33	1.680	19,67	8.544	7.95
Corcovado	7.870	85,78	1.305	14,22	9.175	8,53
El Calabozo	85	51,35	80	48,65	165	0,15
Escuadrón	43.705	85,41	7.467	14,59	51.173	47,59
Municipalidad	1.166	64,44	644	35,56	1.810	1,68

Distrito	Población Potencialmente Expuesta					
	< 55 dBA		> 55 dBA		Total distrito	
	N° habitantes	%	N° habitantes	%	N° habitantes	%
Schwager	18.939	90,94	1.886	9,06	20.825	19,37
Sin distrito	1.251	73,49	451	26,51	1.703	1,58
Villa Mora	11.901	84,22	2.230	15,78	14.131	13,14
Total límites OCDE	91.781	85,36	15.744	14,64	107.525	100

Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del presente estudio.

A partir de la tabla 50, se afirma que más de 85% de la población urbana de Coronel se encuentra potencialmente expuesta a niveles de ruido bajo los 55 dBA, criterio de aceptabilidad según OCDE para el periodo nocturno, mientras que un 14,64% se encuentra expuesta sobre 55 dBA, lo que equivale a tener 15.744 personas sobre el criterio de aceptabilidad.

Por otra parte, el siguiente gráfico muestra la información de la tabla 50 en términos de porcentajes (%) de población expuesta por distrito respecto del criterio de aceptabilidad (55 dBA) para el periodo nocturno.

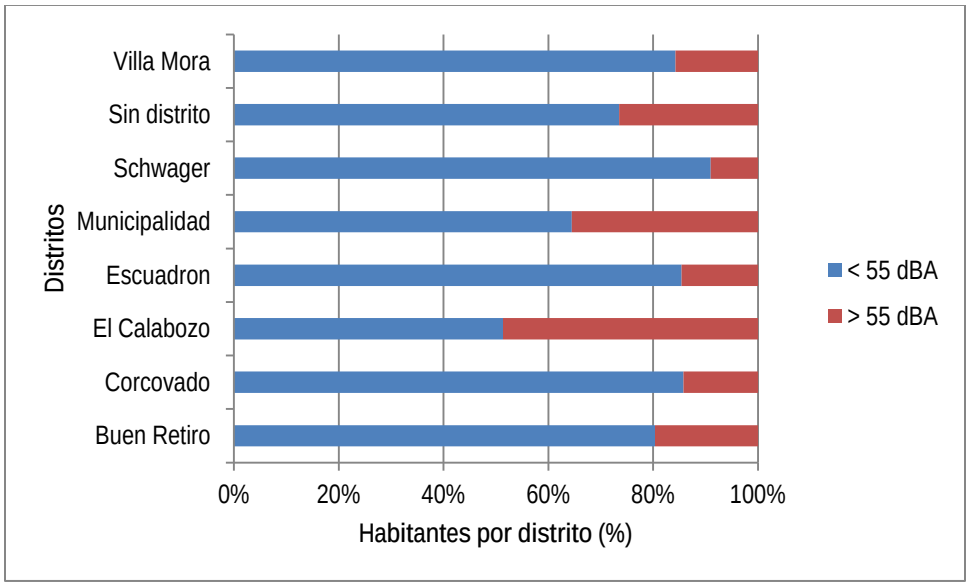


Figura 96: Evaluación población potencialmente expuesta al ruido a través de criterios OCDE, periodo nocturno.

Del gráfico anterior se puede observar que los distritos que presentan un mayor porcentaje de población potencialmente expuesta sobre el criterio de aceptabilidad indicado por la OCDE para el periodo nocturno son: El Calabozo (18,92%) equivalente a 80 habitantes y Municipalidad (35,56%) equivalente a 644 habitantes y, seguido del distrito Sin Distrito (8,92%) con 451 habitantes.

El distrito que aporta un número mayor de habitantes potencialmente expuesta sobre el criterio de aceptabilidad OCDE para el periodo nocturno son Escuadrón, Villa Mora y Schwager con 7.467, 2.230 y 1.886 habitantes respectivamente. El distrito que menor cantidad de habitantes aporta es El Calabozo con 80 habitantes potencialmente expuesta sobre el criterio de aceptabilidad, lo que viene a confirmar que posee dentro de su superficie escasa población.

5.4.5 Evaluación establecimientos educacionales y salud expuestos a través de criterios OCDE, periodo diurno

Este análisis se realiza a través del mapa de ruido global diurno, el cual considera a todas las fuentes de ruido incluidas en el presente estudio, vale decir actividad productiva e industrial y tráfico rodado (vehicular y ferroviario) en Coronel y el criterio de aceptabilidad OCDE para dicho periodo. El nivel asociado a cada establecimiento educacional y de salud considera un valor de ruido exterior, siendo este, el de fachada más expuesta, según lo descrito en la metodología de análisis, ítem 2.5.6.

A continuación, en las tablas 51 y 53, se encuentran la evaluaciones de los niveles de ruido modelados en la fachada más expuesta en establecimientos educacionales y de salud, a partir de los límites establecidos por la OCDE, cada uno con su ubicación en coordenadas y su estado de cumplimiento, donde posteriormente en las tablas 52 y 54 se resume la cantidad de establecimientos educacionales y de salud expuestos que se encuentran en conformidad (<65) o superando (>65) los límites establecidos por la OCDE para periodo diurno, información que se encuentra representada en las figuras 97 y 98 respectivamente, a través del porcentaje de establecimientos educacionales y salud expuestos dentro de Coronel.
Cabe mencionar que la fuente que genera la mayor aportación de ruido (nivel mayor de ruido) al valor en la fachada más expuesta asociado a cada establecimiento es el tráfico vehicular con un 88,14%, seguido por el tráfico ferroviario con un 11,86%. La actividad productiva e industrial no posee en ninguno de los establecimientos, tanto de educación como de salud, el mayor aporte, además solo contribuye de una manera significativa en el valor obtenido para el Liceo Técnico Forestal de la Madera. Para mayores detalles respecto de este análisis remitirse al Anexo 10 del presente informe.

Tabla 51: Análisis de Establecimientos educacionales del Mapa de Ruido Global Coronel.

Nombre	ID	Cantidad de matrículas	Nivel Día Fachada más expuesta (dBA)	Coordenadas UTM	
				Este (m)	Norte (m)
Liceo Industrial Federico W. Schwager	1	124	53.5	662079.51	5900673.09
Liceo Comercial Andrés Bello López	2	906	68.1	664052.94	5902232.79
Escuela Diferencial María Ester Breve G	3	53	54.4	663186.23	5903213.68
Liceo Coronel Antonio Salamanca	4	1685	68.6	664843.40	5900359.40
Liceo Yobilo De Coronel	5	299	53.3	664294.59	5902661.66
Escuela Rosita Renard	6	438	59.0	663309.25	5903274.39
Escuela Básica Playas Negras	7	168	60.4	665042.31	5899470.67
Escuela Rosa Medel Aguilera	8	150	62.3	663488.37	5901141.12
Escuela Básica Javiera Carrera	9	245	53.7	664263.68	5901850.27
Escuela Rafael Sotomayor Baeza	10	641	69.3	665029.37	5900310.80
Escuela Víctor Domingo Silva	11	388	57.3	664296.26	5902290.97
Escuela Ambrosio O'Higgins	12	301	55.4	663947.24	5903987.24
Escuela República De Francia	13	184	55.1	665506.66	5899970.66
Escuela Remigio Castro Aburto	14	303	68.0	664952.37	5900177.61
Escuela Adelaida Miguieles Soto	15	407	64.1	665003.26	5900186.93

Nombre	ID	Cantidad de matrículas	Nivel Día Fachada más expuesta (dBA)	Coordenadas UTM	
				Este (m)	Norte (m)
Escuela Octavio Salinas Cariaga	16	352	59.3	663601.32	5902705.48
Escuela Vista Hermosa	17	261	53.7	666170.20	5900655.48
Escuela Jorge Rojas Miranda	18	231	47.3	664605.34	5901143.11
Escuela Rosa Yáñez Rodríguez	19	136	71.2	662245.68	5900980.66
Escuela Básica Ramón Freire Serrano	20	294	62.1	663899.05	5905187.64
Escuela Arturo Hughes Cerna	21	951	64.9	663891.27	5905516.58
Escuela Escuadrón	22	215	62.5	664839.36	5908555.22
Colegio Particular Gabriela Mistral	23	389	62.8	664283.14	5902203.09
Escuela Metodista	24	650	54.4	663290.46	5903382.54
Colegio Particular San Pedro	25	571	64.0	665337.70	5900395.97
Escuela Particular San Marcos	26	430	63.5	664148.36	5905226.98
Colegio Particular Ignacio Carrera Pinto	27	563	59.3	664160.24	5905486.70
Escuela Genaro Ríos Campos	28	586	57.6	664973.45	5902903.44
Colegio Aníbal Esquivel Tapia	29	615	64.4	665145.72	5900132.04
Escuela Maule	30	294	56.8	661397.53	5903266.77
Colegio Metodista Lagunillas	31	322	55.6	663083.53	5904612.51
Escuela Particular Américo Vespucio	32	893	60.1	663158.89	5905169.18
Liceo Industrial Metodista De Coronel	33	1059	66.4	663021.23	5904454.99
Centro Educ. Integrada De Adultos	34	638	66.9	665234.62	5900379.93
Jardín Infantil Aníbal Esquivel Tapia	35	80	72.5	665034.28	5899819.36
Colegio Amanecer	37	833	67.3	663509.96	5904168.33
Colegio Einstein	38	291	67.5	663623.43	5906546.09
Liceo Técnico Profesional De La Madera	39	664	65.8	663410.12	5906159.29
Esc. Esp. De Transt. Común Domingo Parra	40	154	70.7	664465.23	5905062.14
Jardín Infantil Aníbal Esquivel	41	81	60.7	663586.99	5905495.50
Jardín Infantil Timonel La Alegría De Aprender	42	40	52.0	663453.58	5903366.89
American Junior College	43	711	58.5	663313.59	5905888.47
Colegio Domingo Parra Corbalán	44	956	57.8	664375.52	5905005.82
Jardín Infantil Sala Cuna Tutumpi	45	193	61.7	663540.23	5904578.32
Escuela De Lenguaje Timonel	46	90	52.0	663487.02	5903391.58
Escuela Especial De Lenguaje Wenga	47	534	67.8	664199.61	5902376.53
Centro De Formación Laboral San Andrés	48	73	71.3	662542.11	5904264.45
Escuela Especial Diferencial Sol Naciente	49	106	56.9	663334.53	5904424.89

Nombre	ID	Cantidad de matrículas	Nivel Día Fachada más expuesta (dBA)	Coordenadas UTM	
				Este (m)	Norte (m)
Escuela Especial De Lenguaje Cidnee	50	13	61.3	665028.24	5902855.17
Esc. Esp. De Lenguaje Timonel Coronel	51	90	64.3	665598.91	5900062.65

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de este estudio.

Esta información se puede resumir para los establecimientos educacionales en el siguiente análisis y posterior gráfico:

Tabla 52: Porcentaje de establecimientos educacionales expuestos a intervalos de ruido cada 5 dBA en Coronel.

Intervalos de ruido diurno Ld (dBA)	Cantidad de establecimientos educacionales	Porcentaje de establecimientos educacionales (%)
45-50	1	2,0
50-55	8	15,7
55-60	13	25,5
60-65	16	31,4
65-70	10	19,6
70-75	3	5,9

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de este estudio.

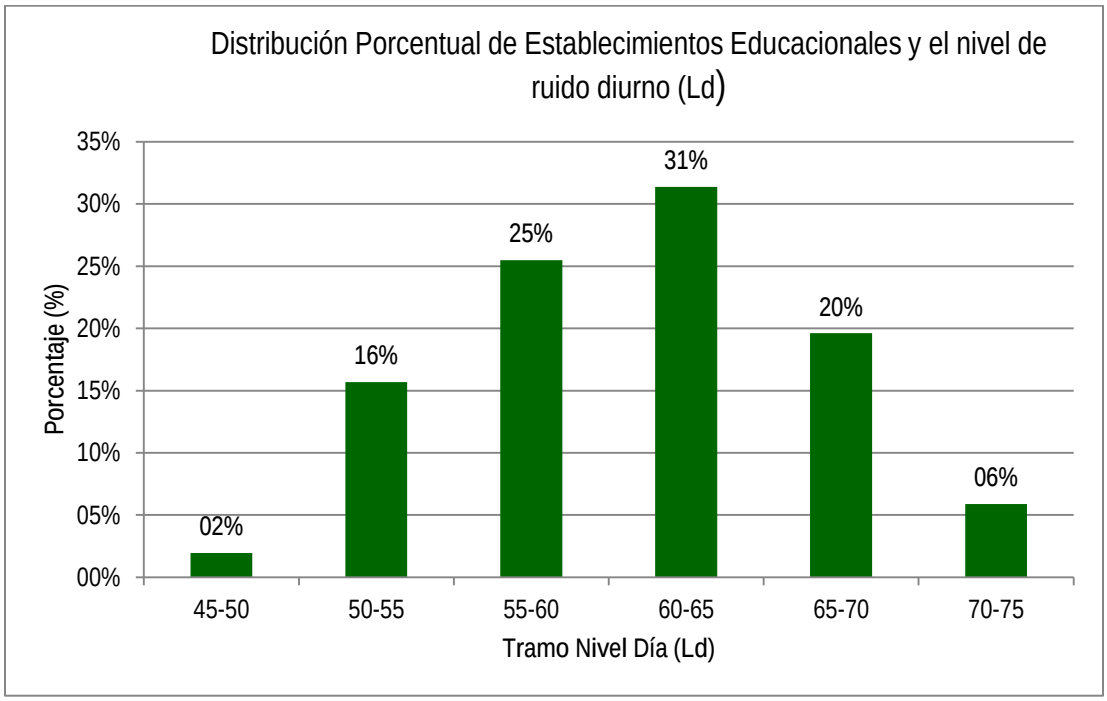


Figura 97: Porcentaje de establecimientos educacionales expuestos a niveles de ruido durante el día Ld Coronel.
Fuente: Elaboración propia.

Según esta distribución, un 25,5% de los establecimientos educacionales se encuentran en zonas sobre los 65 dBA durante el día. Como referencia, para el caso de viviendas, la Norma chilena NCh 352. Of 2000 recomienda un aislamiento de 30 dBA y 35 dBA mínimo para los tramos de 65 a 70 dBA y 70 a 75 dBA de ruido exterior diurno [INN 2000], vale decir que los establecimientos que se encuentren en dichos tramos debieran tener un aislamiento de fachada en esos valores. Cabe mencionar que esta normativa es aplicable a viviendas y sólo sirve de referencia, por lo tanto, en el caso de estos establecimientos sensibles (dedicados a la educación), los valores de aislamiento acústico deben ser mayores.

Dado lo anterior, se procede a desarrollar una actividad adicional propuesta por el equipo consultor, consistente en medir un número de establecimientos educacionales, en este caso 4, para verificar si el aislamiento de sus fachadas, entregan valores aceptables para un correcto desempeño dentro de las aulas de estos establecimientos. Lo anterior, se encuentra desarrollado en extenso en el ítem 6.5 del presente informe.

Tabla 53: Análisis de Establecimientos de salud evaluados del Mapa de Ruido Global Coronel.

Nombre	ID	Nivel Día fachada más expuesta (dBA)	Coordenadas UTM	
			Este (m)	Norte (m)
Centro de Salud Familiar Carlos Pinto Fierro	1	66.3	663612.51	5903548.71
Departamento de Salud Municipal	2	66.3	663593.70	5903527.97
Centro de Salud Familiar Lagunillas	3	56.9	663731.37	5904703.61
Centro de Salud Familiar Yobilo	4	52.4	664545.34	5902184.75
COSAM	5	67.9	664866.56	5900450.02
Policlínico ACHS	6	67.4	664670.05	5900638.46
Hospital San José	7	69.2	665778.75	5900384.33
CECOF Lagunillas	8	60.3	663866.59	5905921.56

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de este estudio.

La información contenida en la Tabla 53 se puede resumir para los establecimientos de salud en el siguiente análisis y posterior gráfico:

Tabla 54: Porcentaje de establecimientos salud expuestos a intervalos de ruido cada 5 dBA en Coronel.

Intervalos de ruido diurno Ld (dBA)	Cantidad de establecimientos educacionales	Porcentaje de establecimientos educacionales (%)
45-50	0	0,0
50-55	1	12,5
55-60	1	12,5
60-65	1	12,5
65-70	5	62,5
70-75	0	0,0

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de este estudio.

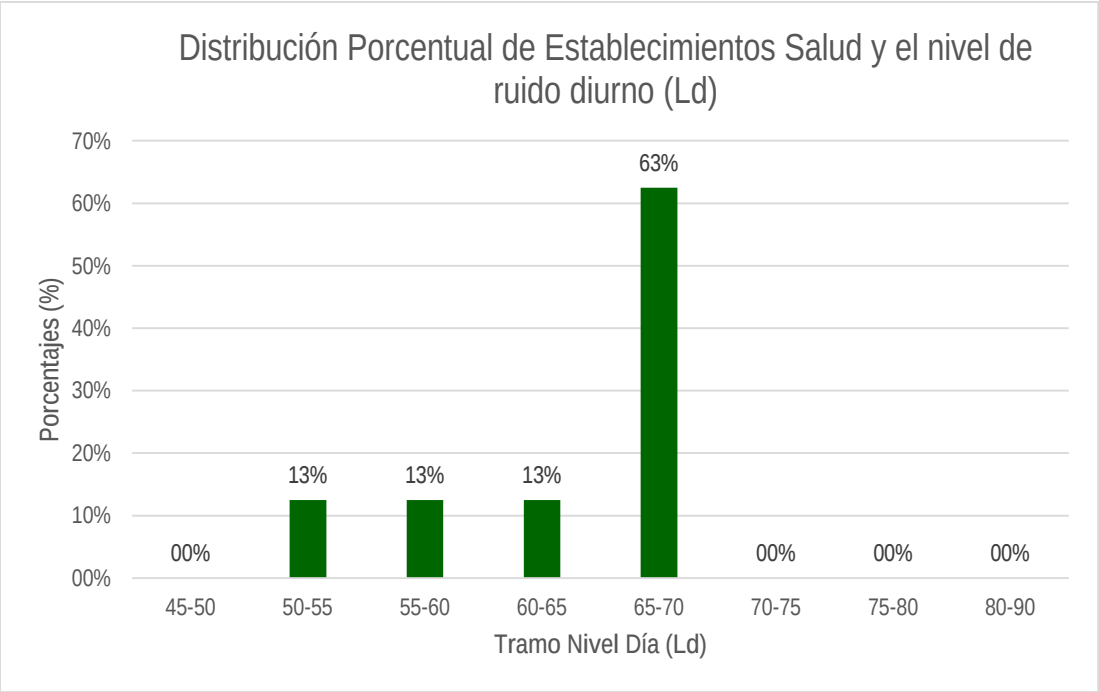


Figura 98: Porcentaje de establecimientos de salud expuestos a niveles de ruido durante el día Ld Coronel. Fuente: Elaboración propia.

Según esta distribución, un 62,5% de los establecimientos de salud se encuentran en zonas sobre los 65 dBA durante el día. Como referencia, para el caso de viviendas, la Norma chilena NCh 352. Of 2000 recomienda que en los casos que exista un nivel en la fachada superior a 65 dBA, exista un aislamiento de 30 dBA y 35 dBA mínimo [INN 2000]. Cabe mencionar que esta normativa es aplicable a viviendas y sólo sirve de referencia, por lo tanto, en el caso de estos establecimientos sensibles (dedicados a la salud), los valores de aislamiento acústico deben ser mayores.

A continuación se procedió a realizar un ejercicio para los establecimientos educacionales y de salud, entendiendo qué estos son sensibles al ruido exterior por la actividad que dentro de ellos se realiza. La siguiente tabla muestra los porcentajes de superación del criterio OCDE para el periodo diurno.

Tabla 55: Nivel de exposición al ruido diurno Ld de establecimientos educacionales y salud en Coronel, según criterio OCDE.

Intervalos de ruido diurno Ld (dBA)	Cantidad de establecimientos educacionales	Porcentaje de establecimientos educacionales	Cantidad de establecimientos salud	Porcentaje de establecimientos salud
< 65	38	74,6	3	37,5
>65	13	25,4	5	62,5

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de este estudio.

6. ANALISIS Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO

De acuerdo a los resultados de análisis de ruido de las diferentes fuentes contaminantes, se evalúan medidas de control para reducir la emisión e inmisión sonora hacia los lugares determinados como críticos desde el punto de vista de ruido. Se presentan medidas a nivel general y conceptual para las principales fuentes identificadas en la comuna de Coronel. Este capítulo aborda medidas o grupos de medidas de control para cada tipo de fuente como por ejemplo las de tipo industriales, vías de rodado, vías de ferrocarriles, y para receptores o grupos de receptores como, escuelas. Las medidas de control son del tipo ingenieriles y/o administrativas, para ser implementadas por generadores, gobierno o una combinación de ambos.

En esta sección se entregan recomendaciones generales de las medidas de control a utilizar, en términos del aislamiento esperado como el índice de reducción sonora (Rw) para elementos divisorios, pérdidas por inserción, requerida para elementos como silenciadores, y alturas preliminares para elementos como barreras acústicas.

En este estudio se han investigado a nivel general, las fuentes sonora responsables de la emisión de niveles de ruido en los procesos industriales. Para la identificación se han utilizado mediciones puntuales efectuadas durante periodo diurno y nocturno, y la experticia de los ingenieros del equipo consultor.

Se ha estudiado también las fuentes principales de emisión para aquellas industrias con carácter multi-fuente, con la cámara acústica descrita en sección 2.3.2. Con esta última se han generado “snap-shoots” en 2D de los costados de las industrias con mayor emisión sonora y mayor relevancia hacia los receptores sensibles. A través de la cámara acústica, se pudo determinar la contribución directa al nivel de presión sonora de las principales fuentes en un punto determinado, similar al esquema mostrado en la figura 99 a continuación.

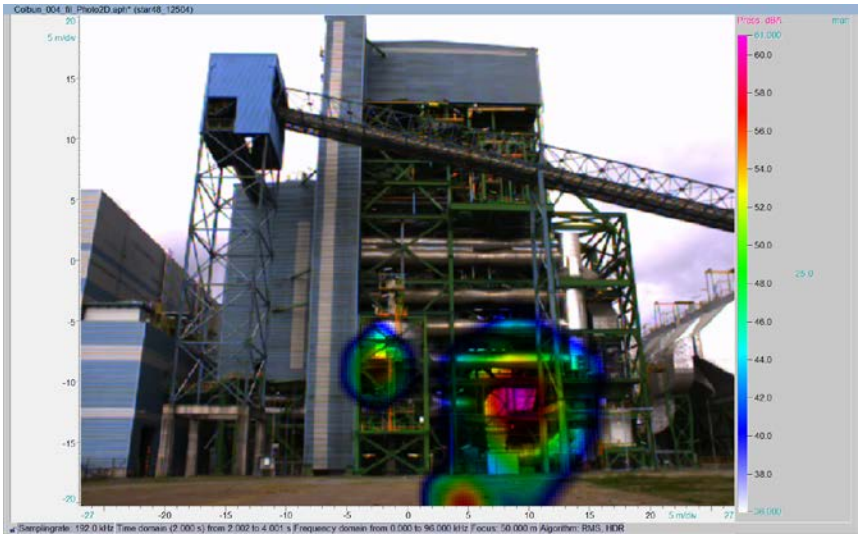


Figura 99: Imagen acústica 2D. Fuente: Elaboración propia.

6.1 Medidas de Control Generales Aplicables a las Fuentes Industriales de Coronel

A continuación se presentan medidas de control de ruido generales aplicables a las fuentes industriales que presentan incumplimiento de la Norma, D.S. N° 38/2011 del MMA.

1) Barrera Acústica: La barrera se deberá construir de un material sólido y sin orificios o aperturas entre uniones de placas/planchas. El material utilizado para construir la barrera deberá poseer una densidad mínima de 10 kg/m^2. La altura mínima efectiva (desde la cota cero del terreno) de la barrera deberá ser determinada a través de un estudio acústico específico para cada fuente sonora. La cara expuesta a la fuente sonora, podrá ser lisa o absorbente, dependiendo de las condiciones específicas de instalación. La figura 100 muestra un ejemplo de barrera construida en base a estructura metálica y panel acústico de acero galvanizado, microperforado de 60 mm de espesor y aislamiento acústico equivalente a un Rw 38.

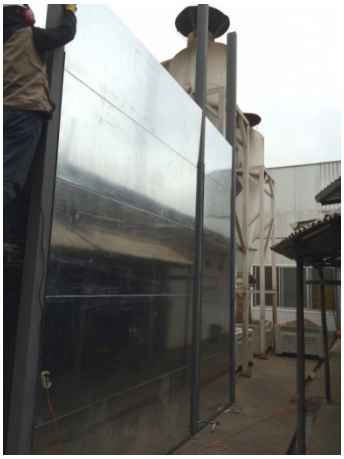


Figura 100: Barrera acústica de panel acero galvanizado microperforado, Rw 38. Fuente: ACR Acústica.

a) *Barreras perimetral en puerto*: Se recomienda el uso de barreras perimetrales que atenúen la emisión sonora interior hacia las comunidades colindantes. La barrera puede ser construida a partir de contenedores vacíos apilados para lograr la altura mínima deseada. Se recomienda una altura equivalente a 4 o 5 contenedores apilados. La altura final deberá ser determinada por un estudio acústico. La figura 101 muestra un ejemplo de una barrera de contenedores utilizada en el perímetro de puerto.



Figura 101: Barrera perimetral de contenedores. Fuente: Elaboración propia.

2) Aislamiento de Galpón: Como alternativa a la cabina acústica, se podrá mejorar el aislamiento sonoro del galpón donde se ubica el equipo. La composición típica de uros y techumbre de galpones está compuesta por una plancha de acero de espesor no mayor a 0,5 mm, provee un aislamiento sonoro típico de Rw 18 a 20. Se recomienda aumentar el aislamiento sonoro de muros y techo del galpón a un Rw 35 como mínimo. Un ejemplo de un muro con aislamiento teórico Rw 35, se lograría sumando por el interior de la estructura

actual una cadeneta de acero 40/40 por sobre la cual se atornilla una plancha de fibrocemento de 6 mm. El interior de entre ambas plancha se rellena con lana de vidrio de 22 kg/m^3.

3) Operación con Puertas Cerradas: Medidas de control adicionales al mejoramiento del aislamiento sonoro del galpón, es la realización de las labores de operación con puertas cerradas.

4) Se ha identificado en plantas de fabricación de hormigones pre-formados, al movimiento de áridos como una de las fuentes sonoras de mayor relevancia. Se recomienda el reemplazo del procedimiento de rastre de áridos a elementos con recubiertos de gomas

5) Silenciadores de ingreso y extracción de aire: Se recomienda silenciadores en la toma y salida de aire de la torre de enfriamiento, estos pueden ser del tipo silenciador de láminas o Splitter tanto para la inyección como extracción. El nivel de pérdidas por inserción específico deberá ser determinado por un estudio acústico específico. La selección del silenciador deberá considerar el caudal de aire y la caída de presión máxima que pueda incorporar al sistema para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

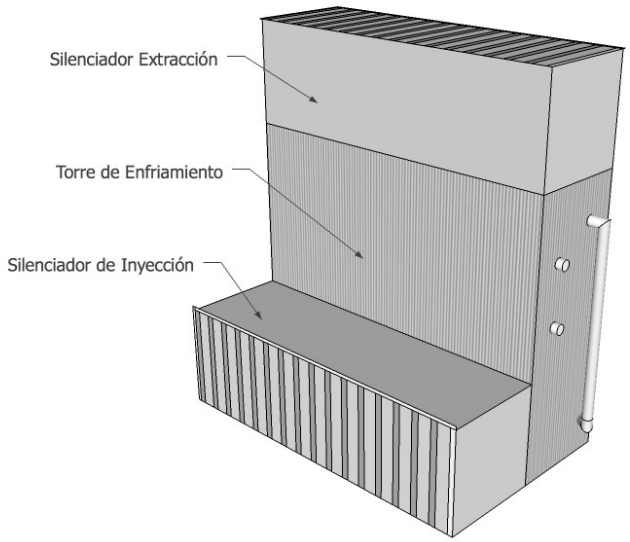


Figura 102: Bosquejo de silenciadores para torres de enfriamiento. Fuente: Elaboración propia.

6) Reubicación de Fuentes Sonoras: En caso donde sea factible, se recomienda el alejamiento de la fuente sonora al receptor sensible. Aumentando la distancia entre fuente y receptor, incrementará la atenuación por distancia en forma natural.

7) Encerramiento de Fuente Sonora

a) *Cabina acústica para Astillador:* El encierro deberá ser construido con paneles acústicos de aislamiento Rw 35 o superior. Deberá incluir tomas de aire silenciadas para la ventilación de los motores eléctricos, calculadas de acuerdo al caudal de aire requerido por el fabricante. Los accesos a la cabina deberán ser a través de puertas o portones acústicos, con aislamiento acústico similar o superior a los paneles. El encierro de la cinta transportadora se debe considerar independiente de la cinta transportadora (sin conexiones o conexiones amortiguadas), para evitar la transmisión de vibración hacia las paredes exteriores del encapsulamiento.

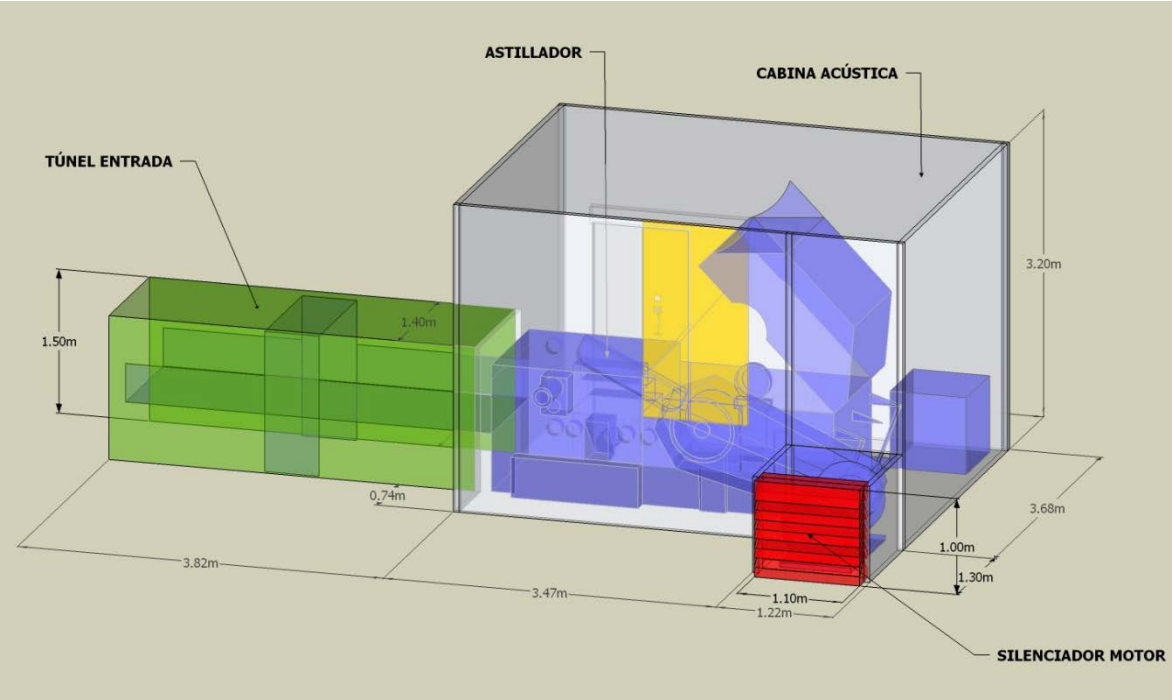


Figura 103: Encierro acústico típico para aislamiento sonoro de Astillador. Fuente: Elaboración propia.

b) *Encerramiento de Ciclón y Molino*: El encierro deberá ser construido en base a un panel acústico con aislamiento sonoro mínimo de Rw 38 montado sobre la estructura metálica existente, reforzada de acuerdo a un estudio de cálculo para soportar las cargas estáticas y dinámicas del encierro. La cara interior del panel acústico deberá ser absorbente, con un coeficiente NRC 0,75 o mayor.

8) Silenciadores de venteo: Los silenciadores de venteo reducen el ruido generado por la expansión del gas desde líneas con presiones elevadas a la presión atmosférica. Cada silenciador de venteo deberá ser diseñado para atenuar el nivel de ruido requerido de acuerdo al criterio de ruido. El tamaño del silenciador de venteo es directamente proporcional a la reducción sonora y a la tasa de flujo del gas. La reducción de nivel dependerá del largo del silenciador, mientras que el diámetro dependerá de la tasa de flujo del gas. La figura 104 muestra una foto genérica con la aplicación de silenciadores de escape o venteo. El diseño del silenciador deberá considerar las condiciones de operación del sistema incluyendo la presión, temperatura y tipo de fluido entre otros.



Figura 104: Silenciadores de escape o venteo tipo Fuente: BBM Akustik Technologie.

9) Aislamiento de Ductos de Transporte: Se recomienda el recubrimiento de los ductos con lana de vidrio de 100 kg/m^3 y 50 mm de espesor, revestidos externamente con ductos de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor. Esta configuración debería incrementar el asilamiento aéreo del sistema de transporte a un Rw 32, aumentando también el amortiguamiento para ruido de impacto generados al interior de ducto de transporte.

   Como alternativa al encerramiento de los ductos, se recomienda el recubrimiento de los ductos con lana de vidrio de 100 kg/m^3 y 50 mm de espesor, revestidos externamente con ductos de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor. Esta configuración debería incrementar el aislamiento aéreo del sistema de transporte a un Rw 32, aumentando también el amortiguamiento para ruido de impacto generados al interior de ducto de transporte.

   Similar solución se recomienda aplicar para ciclones, es decir un revestimiento de lana de vidrio de 100 kg/m^3 y 50 mm de espesor, con un recubrimiento de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor.

10) Silenciadores de Extracción: los encierros acústicos deberán contemplar circulación de aire silenciada con elementos silenciadores del tipo splitter o louver según corresponda. El diseño de éstos deberá considerar, además de los niveles de pérdidas por inserción sonora, el caudal de aire y la caída de presión máxima que se pueda incorporar al sistema para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

11) Encierros Parciales: Dependiendo del tipo de fuente a aislar y su operación, se recomienda efectuar un encierro acústico parcial de la fuente sonora. Algunos ejemplos recomendados en plantas de hormigón armado son:

   a) *Encierro parcial sector descarga gravilla*: Se recomienda un encierro en el sector de descarga de gravilla en base a panel con aislamiento sonoro mínimo de Rw 35. El panel deberá poseer características de absorción acústica en su interior no menor a NRC 0.75. El encierro deberá contemplar los sectores norte, sur y poniente del área de descarga de gravilla.

   b) *Encierro sector carga de camiones mixer*: Se recomienda mejorar el aislamiento sonoro del galpón donde se cargan camiones. Mejorar el aislamiento de muros y techumbre con panel acústico de aislamiento Rw 35 o superior. Un ejemplo para la mejora del aislamiento de galpón sería instalando por

el interior de la estructura actual una cadeneta de acero 40/40 por sobre la cual se atornilla una plancha de fibrocemento de 6 mm. El interior de entre ambas plancha se rellena con lana de vidrio de 22 kg/m3.

Como medida adicional de control de ruido se recomienda el cierre del acceso al galpón durante la labor de llenado del camión mixer.

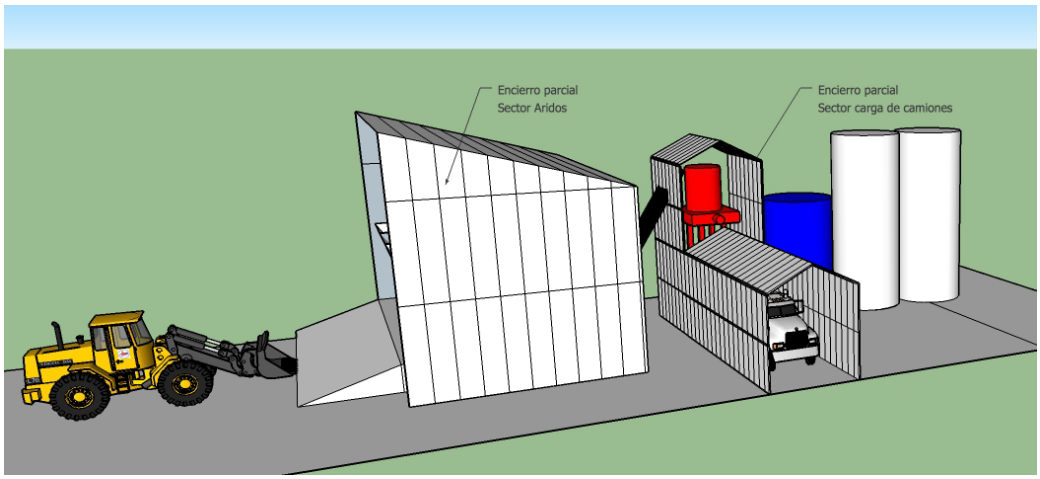


Figura 105: Bosquejo de encierros parciales. Fuente: Elaboración propia.

12) Panel Absorbente Acústico: Se recomienda evaluar el beneficio de incorporar material absorbente acústico al interior del galpón. Se ha observado que la instalación de elementos absorbentes al interior de espacios altamente reverberante podría reducir el nivel de presión sonora al interior del galpón en 1 a 3 dBA. La reducción dependerá de la cantidad de material factible de instalar, el incremento de absorción respecto de la condición inicial y la distancia de instalación desde la fuente sonora. La figura 108 muestra el panel tipo QP-50 de absorción NRC 0.75 e instalado colgado desde el cielo (izquierda) y con montaje tipo A (derecha).



Figura 106: Panel absorbente acústico tipo QP-50. Fuente: ACR Acústica.

13) Pantallas acústicas móviles: Se recomienda paneles acústicos alrededor del área de esmeriles. Los paneles podrán tener ruedas para el fácil movimiento y ubicación de acuerdo a las labores específicas. El aislamiento del panel deberá ser igual o mayor a Rw 35. La cara expuesta a los esmeriles deberá ser de material cuya absorción sonora sea igual a NRC 0.75 o mayor. La figura 107 muestra un ejemplo de una pantalla acústica móvil.

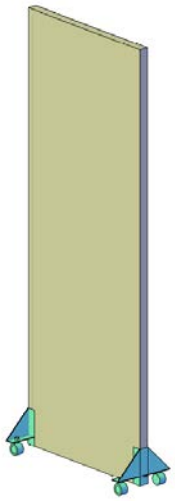


Figura 107: Bosquejo de pantalla acústica móvil. Fuente: Elaboración propia.

14) Puestos de esmerilados acústicos: Alternativamente se podrán reubicar los puestos de esmerilados en bahías acústicas diseñadas con paneles similares a los de las pantallas acústicas, es decir panel con aislamiento sonora Rw 35 y absorción sonora de NRC 0.75 o mayor. Los puestos de esmerilados deberán poseer sistemas de extracción de partículas en suspensión y dependiendo del aislamiento poseer cielo y/o puertas acústicas. Las dimensiones de las bahías dependerán de las necesidades específicas de la maestranza. La figura 108 muestra un bosquejo de la solución propuesta.

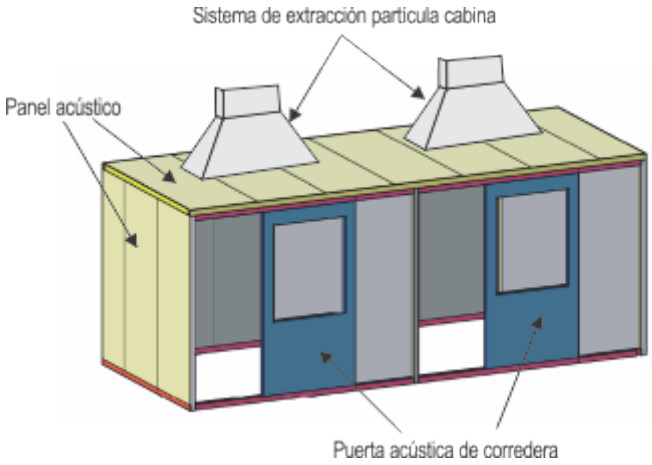


Figura 108: Bosquejo de cabinas acústicas de esmerilado. Fuente: Elaboración propia.

15) Alternativas para alarmas de retroceso convencionales:

a) *Alarma sensible al ambiente*: Alarmas de retroceso convencionales emite a ruido de alto nivel independiente del nivel ambiental de fondo existente. En períodos nocturnos donde el ruido ambiental es bajo, estos niveles estándares son excesivamente elevados. Como alternativa surgen alternativas de alarmas de retroceso para uso nocturno como son las alarmas de retroceso ajustables de acuerdo al ruido ambiental y las alarmas manualmente ajustables (ajustada a un nivel menor durante las operaciones nocturnas). El sistema de alarma de retroceso deberá ser ajustada para funcionar sólo 5 dB por sobre el nivel del ruido de fondo.

b) *Alarma discriminante*: Este tipo de alarma se refiera a un sistema que podría utilizar luces infrarrojas, onda ultrasónica, radar o un dispositivo similar para detectar objetos o personas en la parte posterior del equipo y cuando una persona es detectada, suena una alarma audible. Este sistema elimina el tiempo de emisión total de la alarma audible.

c) *Alarmas de ancho de banda amplio (ruido blanco):* Alarmas de retroceso convencionales frecuentemente son causa de molestia en las comunidades cercanas. Estudios principalmente ejecutados por los fabricantes del sistema, han demostrado que alarmas de ancho de banda amplio reducen la molestia en la comunidad debido a la naturaleza del sonido. El sistema de alarma de ancho de banda amplio utiliza un espectro de ruido blanco el cual es radiado en forma de pulsos. De acuerdo al fabricante, el nivel de emisión requerido es menor que la alarma convencional para mantener igual nivel de seguridad. Existen modelos disponibles en el mercado con niveles de presión sonora que varían entre los 62 dB y 107 dB, y es actualmente utilizado con bastantes beneficios en sitios de construcción en los Estados Unidos y Australia.

d) *Uso de observador:* Existen algunas faenas en donde el uso de observadores podría significar un método alternativo al uso de alarmas de retroceso.

e) *Cámaras de retroceso y/o luces estroboscópica*: Como alternativa se puede dotar de cámaras de video en los puntos ciegos de las grúas y así aumentar la visibilidad en todo el perímetro de trabajo. En conjunto se puede incorporar luces de emergencia del tipo estroboscópicas de color ambar, amarillas o azules, para indicar la presencia de equipos trabajando en la zona.

6.1.1 Medidas de control para Fuentes Industriales zona Norte de Coronel

Durante la campaña de medición desarrollada entre los meses de septiembre y octubre de 2015, se obtuvo el nivel de presión sonora equivalente (NPC) en sesenta y ocho (68) puntos de medición a lo largo de los parques industriales (Escuadrón I, II y Coronel) presentes en la zona Norte de Coronel (ver figura 35), mediciones puntuales que fueron realizadas de acuerdo a la metodología del D.S. N° 38/2011 del MMA para el horario diurno y nocturno. Posterior a esa campaña en los parques industriales se efectúo una complementaria en el mes de noviembre del mismo año para medir otras fuentes de ruido en el sector de los Pubs y en la Población Leandro Moreno, donde se obtuvo el nivel de presión sonora corregida (NPC) en nueve (9) puntos de medición.

Estas campañas (ambas) correspondieron a un registro de niveles de presión sonora equivalente (NPSeq) de las actividades productivas y esparcimiento (pubs) desarrolladas en el área por las empresas en forma aleatoria. Los resultados de las mediciones indican que los niveles máximos permitidos por el D.S. N° 38/2011 del MMA fueron superados, en diecisiete (17) puntos de medición durante la jornada diurna y en cincuenta y un (51) puntos de medición para la jornada nocturna, lo que se traduce en el incumplimiento de la Norma de 17 y 24 empresas para el periodo diurno y nocturno respectivamente.

La tabla 56 presenta los niveles de presión sonora medidos para las jornadas diurna y nocturna en aquellos puntos de medición donde se excedió los límites del D.S. N° 38/2011 del MMA definidos para la zona II y zona III, indicando además la empresa generadora, la fuente principal que preliminarmente se asocia a los niveles medidos y las posibles medidas conceptuales a implementar para cada una de ellas. El número asociado a las medidas conceptuales posibles de ser aplicadas está relacionado con los señalados en el capítulo 6.1 precedente donde se detallan las medidas.

Tabla 56: Puntos evaluación parques industriales zona Norte de Coronel que superan límite permitido.

Código Punto medido asociado Periodo		Fuente emisora ruido		Zona D.S. N° 38/2011 del MMA	Límite máximo permisible (dBA)		NPC		Cumplimiento Periodo		Medidas conceptuales de control de ruido posibles de aplicar
D*	N**	Empresa	Equipo, máquina o proceso asociado		D	N	D	N	D	N	
P01	-	Planta Áridos Lleu Lleu	Camiones	II	60	45	67	-	No	-	1
-	P02	Transportes Polykarpo	Camiones al interior	II	60	45	-	65	-	No	1
P03	P03	Hormigones Grau	Mesas vibratorias y rastras de áridos	II	60	45	62	59	No	No	2, 3, 4
-	P04	Enesa	Torres enfriamiento, motores, bombas	III	65	50	-	63	-	No	1, 5, 6, 7
-	P05	Resinas Biobío	Motores y bombas	III	65	50	-	57		No	6, 7
-	P06	Enesa	No se identifica	III	65	50	-	56	-	No	No es posible determinar
-	P07	Oxiquim	Venteo vapor	III	65	50	-	52	-	No	8
-	P09	Oxiquim	Venteo vapor	III	65	50	-	55	-	No	8
-	P10	Oxiquim	Venteo vapor	III	65	50	-	57	-	No	8
-	P11	Oxiquim	Venteo vapor	III	65	50	-	58	-	No	8
-	P12	Oxiquim	Venteo vapor	III	65	50	-	63	-	No	8
-	P13	Oxiquim	Torres Enfriamiento, venteo vapor	III	65	50	70	73	No	No	1, 5, 6, 7, 8
-	P14	Noramco	Moldureras	III	65	50	-	59	-	No	2
P15	P15	Noramco	Astillador/Ciclones silos aserrín	III	65	50	82	65	No	No	7, 9
-	P16	No se identifica	ventiladores empresa dirección oeste	III	65	50	-	59	-	No	1, 6, 11
-	P17	Industone	Molino carozo	III	65	50	-	61	-	No	7
P18	-	No se identifica	Cargador Frontal, Camiones	III	65	50	66	-	No	-	
-	P20	Empacadora San Juan	Extractores aéreos	III	65	50	-	55	-	No	7, 10
-	P21	Ewos	Venteo vapor	III	65	50	-	61	-	No	8
-	P22	Ewos	Planta térmica	III	65	50	-	62	-	No	No es posible determinar
-	P23	Ewos	Planta térmica	III	65	50	-	56	-	No	No es posible determinar
P24	-	Pesquera Grimar	Torres Enfriamiento	III	65	50	73		No		1, 5
-	P24	Ewos	No se identifica	III	65	50	-	52	-	No	No es posible determinar
P25	P25	Pesquera Food Corp	Sala Compresores y torres Enfriamiento	III	65	50	69	68	No	No	1,5
P26	-	Pesquera Food Corp	Área despacho camiones	III	65	50	66	-	No	-	1

Código Punto medido asociado Periodo		Fuente emisora ruido		Zona D.S. N° 38/2011 del MMA	Límite máximo permisible (dBA)		NPC		Cumplimiento Periodo		Medidas conceptuales de control de ruido posibles de aplicar
D*	N**	Empresa	Equipo, máquina o proceso asociado		D	N	D	N	D	N	
P29	P29	Hormigones BSA	Mezclador y camiones/Movimiento en bodega con grúas horquilla	III	65	50	71	55	No	No	7, 11
P30	P30	Maderera Davison	Extractor de residuos	III	65	50	72	70	No	No	7
-	P31	CMPC Maderas	Finger	III	65	50	-	54	-	No	7
P32		Recicladora de vidrios	Rotura	III	65	50	72	-	No	-	2, 3, 12
-	P32	CMPC Maderas	Triturador	III	65	50	-	53	-	No	7
-	P33	Ewos	Camiones	III	65	50	-	59	-	No	
P34	-	CMPC Maderas	Triturador	III	65	50	69	-	No	-	7
P35	-	Metalmecánica Proyecmetal	Esmeril angular	III	65	50	73	-	No	-	2, 13, 14
-	P35	CMPC Maderas	Triturador	III	65	50	-	56	-	No	7
-	P36	Iti Chile	No se identifica	III	65	50	-	51	-	No	No es posible determinar
-	P37	Iti Chile	Silos	III	65	50	-	55	-	No	7, 9
-	P38	Iti Chile/Agarpac	Silos/Grúa horquilla	III	65	50	-	55	-	No	7, 9
-	P41	San Lazaro	Torres enfriamiento	III	65	50	-	63	-	No	1, 5
P42	-	Arenado	Estanques de gas	III	65	50	66	-	No	-	
-	P42	Iti Chile	Ciclones silos aserrín	III	65	50	-	69	-	No	7, 9
-	P43	CM Maderera Ltda.	Finger, silos y caída de residuos por correa transportadora	III	65	50	-	58	-	No	7
-	P44	Iti Chile	Moldureras	III	65	50	-	65	-	No	7
-	P46	Iti Chile	Ciclones silos aserrín	III	65	50	-	61	-	No	7, 9
-	P48	Iti Chile	Ciclones silos aserrín, líneas pintura y aserrín	III	65	50	-	66	-	No	7, 9
P49	-	Biopower	Extractor aéreo	III	65	50	68	-	No	-	1, 7
-	P49	Iti Chile	Golpes residuos de madera contra ciclones	III	65	50	-	59	-	No	1, 7
P51	P51	Iti Chile	Moldureras	III	65	50	66	67	No	No	7
-	P52	Auxiliar Conservera	Compresor de aire	III	65	50	-	61	-	No	7,10
-	P53	Sandoor	Ciclón	III	65	50	-	58	-	No	1, 7
-	P55	Iti Chile/Industrial Maule	Ciclón/Bombas y equipos	III	65	50	-	52	-	No	1, 7
-	P56	Air Liquide	Planta gases y alarma	III	65	50	-	62	-	No	1, 11

Código Punto medido asociado Periodo		Fuente emisora ruido		Zona D.S. N° 38/2011 del MMA	Límite máximo permisible (dBA)		NPC		Cumplimiento Periodo		Medidas conceptuales de control de ruido posibles de aplicar
D*	N**	Empresa	Equipo, máquina o proceso asociado		D	N	D	N	D	N	
-	P57	Cementos Polpaico	Funcionamiento	III	65	50	-	61	-	No	1, 11
-	P58	Cementos Polpaico	Funcionamiento	III	65	50	-	58	-	No	1, 11
-	P59	Cementos Polpaico	Funcionamiento	III	65	50	-	58	-	No	1, 11
-	P61	Neuling Graneles	Cargador y camiones	III	65	50	-	53	-	No	1,11
-	P62	Cementos Polpaico	Funcionamiento	III	65	50	-	60	-	No	1, 11
-	P63	Cementos Polpaico	Funcionamiento	III	65	50	-	66	-	No	1, 11
P64	-	No se identifica	Movimiento de contenedores	II	60	45	66	-	No	-	1 + administrativas
-	P65	Sodimac	Alarma montacargas	II	60	45	-	47	-	No	15
-	P66	Sodimac	Equipos para fabricación de planchas acanaladas y grúas horquilla	II	60	45	-	57	-	No	1, 6, 7, 15
-	P67	Sodimac	Equipos para fabricación de planchas acanaladas y grúas horquilla	II	60	45	-	60	-	No	1, 6, 7, 16
P70		Metalmecánica Ansu	No se identifica	II	60	45	64	-	No	-	No es posible determinar

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del estudio.

Nota: (*): Diurno, (**): Nocturno.

6.1.2 Medidas de control para Fuentes Industriales zona Sur de Coronel

Similar a la evaluación para la zona Norte de Coronel, se midió el nivel de ruido equivalente para el horario diurno y nocturno en catorce (14) puntos de medición distribuidos a lo largo de la zona Sur de Coronel. Además, como se mencionó anteriormente en el ítem 5.2 (modelamiento), se efectuaron campañas para caracterizar la potencia acústica de fuentes de ruido presentes en las empresas de la zona, debido a la imposibilidad de concretar mediciones de evaluación en el lugar donde se encuentra el receptor por el elevado ruido ambiental generado por otras fuentes (ruido de tráfico vehicular, principalmente) aledaños a estos puntos.

Los resultados de las mediciones diurnas muestran niveles de presión sonora en el rango de los 40 a 56 dBA. Los niveles medidos para la jornada diurna, no superan los límites establecidos por el D.S. N° 38/2011 del MMA.

El rango niveles nocturnos medidos fluctuó entre los 39 dBA y 62 dBA. El mayor nivel medido se obtuvo en el punto R13. En general para este muestreo de ruido, la normativa de ruido se incumplió en un 46,15% de los puntos de medición, donde las actividades de Central Termoeléctrica Bocamina, Pesquera Bahía Coronel, Puerto de Coronel (ambos emplazamientos) exceden los límites del D.S. N° 38/2011 del MMA.

La tabla 57 presenta los niveles de presión sonora obtenidos para el periodo nocturno en aquellos puntos de evaluación (a través de mediciones o modelamiento) donde se exceden los límites del D.S. N° 38/2011 del MMA definidos para la zona II y zona III, resaltando los puntos (mediante color en la fila) que fueron evaluados mediante modelamiento acústico. La tabla también indica la empresa generadora, la fuente principal, que preliminarmente se asocia a los niveles medidos, y las posibles medidas conceptuales a implementar para cada una de ellas. El número asociado a las medidas conceptuales posibles de ser aplicadas está relacionado con los señalados en el capítulo 6.1 precedente donde se detallan las medidas.

Tabla 57: Puntos evaluación zona Norte de Coronel que superan límite permitido.

Código Punto medido asociado Periodo		Fuente emisora ruido		Zona D.S. N° 38/2011 del MMA	Límite máximo permisible (dBA)		NPC		Cumplimiento Periodo		Medidas conceptuales de control de ruido posibles de aplicar
D*	N**	Empresa	Equipo, máquina o proceso asociado		D	N	D	N	D	N	
-	R13	Pesquera Bahía Coronel	molino, ciclones y ventiladores	III	65	50	-	62	-	No	1, 7, 9
-	R15	Compañía Puerto de Coronel S.A	Puerto de Coronel	II	60	45	-	49	-	No	1, 15 + administrativas
-	R16	Compañía Puerto de Coronel S.A	Actividad portuaria	III	65	50	-	57	-	No	1, 15 + administrativas
-	R25	ENDESA S.A.	Central Termoeléctrica Bocamina	III	65	50	-	55	-	No	7, 8, 11
-	R26	ENDESA S.A.	Central Termoeléctrica Bocamina	III	65	50	-	51	-	No	7, 8, 11
-	R99	Consorcio Maderero S.A.	Astillador	II	60	45	-	53	-	No	1, 7
-	R101	Consorcio Maderero S.A.	Astillador	II	60	45	-	46	-	No	1, 7
-	R99	Fulghum Fibres Chile S.A	Astillador	II	60	45	-	48	-	No	1, 7
-	R210	Fulghum Fibres Chile S.A	Astillador	II	60	45	-	47	-	No	1, 7
-	R105	Fulghum Fibres Chile S.A	Astillador	II	60	45	-	46	-	No	1, 7
-	R136	Forestal Coala	Astillador	II	60	45	-	50	-	No	1, 7
-	R121	Forestal Coala	Astillador	III	65	50	-	52	-	No	1, 7
-	R122	Forestal Coala	Astillador	III	65	50	-	52	-	No	1, 7
-	R123	Forestal Coala	Astillador	III	65	50	-	52	-	No	1, 7
-	R301	ENDESA S.A.	Central Termoeléctrica Bocamina	III	65	50	-	54	-	No	7, 8, 11
-	R304	ENDESA S.A.	Central Termoeléctrica Bocamina	III	65	50	-	53	-	No	7, 8, 11
-	R400	Cabo Froward	Correas Transportadora Chip	III	60	45	-	61	-	No	7
-	R401	Cabo Froward	Correas Transportadora	III	60	45	-	57	-	No	7

Código Punto medido asociado Periodo		Fuente emisora ruido		Zona D.S. N° 38/2011 del MMA	Límite máximo permisible (dBA)		NPC		Cumplimiento Periodo		Medidas conceptuales de control de ruido posibles de aplicar
D*	N**	Empresa	Equipo, máquina o proceso asociado		D	N	D	N	D	N	
			Chip								

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del estudio.

Nota: (*): Diurno, (**): Nocturno.

6.2 Medidas de Control para otras Fuentes Identificadas

El resultado del estudio ha determinado que las correas transportadoras, que si bien por técnica de modelamiento acústico no cumplirían con los límites máximos permitidos por la normativa legal de ruido, sus operaciones causan una reacción adversa en la comunidad, tal como dio cuenta el taller de participación ciudadana (PAC).

6.2.1 Medidas de ingeniería para correas de transporte de chips

La operación de esta fuente sonora es bastante focalizada a las operaciones de descarga en el puerto y por lo tanto su operación presenta variaciones temporales. Sin embargo, una vez en marcha, operan tanto de día como de noche.

Las correas de transporte generan niveles de potencia sonora entre 71 y 81 dBA. La tabla 58 muestra el espectro de potencia sonora medida para las correas de carbón y chip existentes en la zona.

Tabla 58: Nivel de potencia sonora correas de transporte

Tipo de correa		Frecuencia Central de Octava (Hz)										
	Tipo	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	A	Lin
Correa_A (chip)	Lw	45.4	59.2	70.1	72.3	74.8	75.7	72.8	63.9	52.6	80.7	91.2
Correa_B (carbón)	Lw	38.6	52.7	56.0	59.6	64.0	65.7	65.8	60.2	53.8	71.1	82.5

Fuente: Elaboración propia.

La medida de control para reducir el ruido generado por las correas de transporte de chips, es el confinamiento o encerramiento de la correa. Se recomienda confinar la correa a través de un panel pre-ensamblado, el cual se instala directamente en la estructura de la correa. El panel deberá poseer un aislamiento acústico mínimo de Rw35. La figura 110 muestra un bosquejo ilustrativo del encerramiento de correa. La figura 111 muestra el área mínima recomendada (área amarilla) donde se debería aplicar las medidas de control.



Figura 109: Correa de transporte de chips cercana a casa habitación sector sur. Fuente: Elaboración propia.

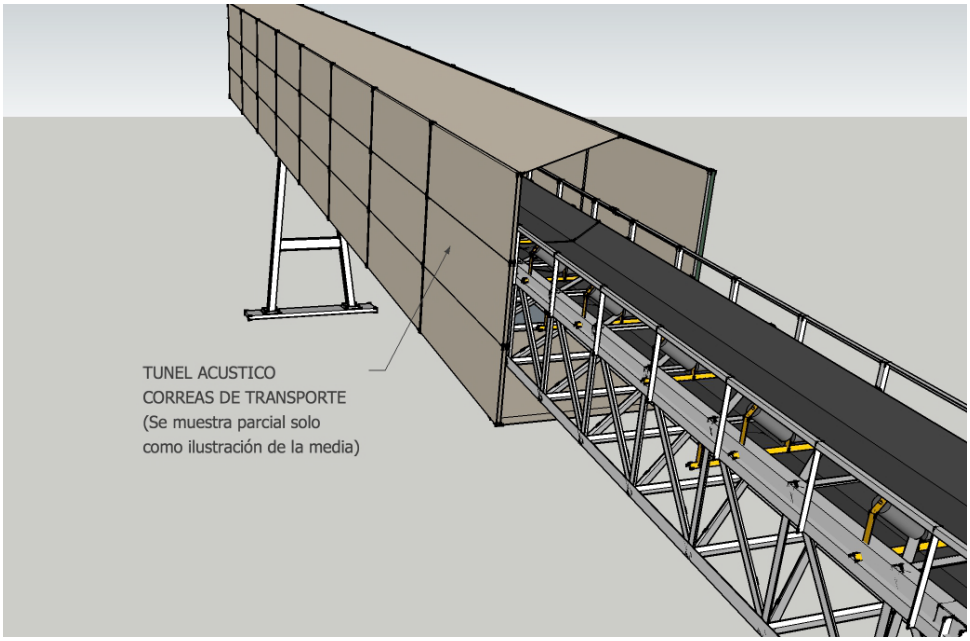


Figura 110: Bosquejo ilustrativo encerramiento para correa de transporte de chips. Fuente: Elaboración propia.



Figura 111: Sector mínimo para el aislamiento de correas de transporte de chips.

6.3 Medidas de Control para el Tránsito Vehicular

De acuerdo a los resultados de las mediciones, observaciones en terreno y de las modelaciones de las fuentes de rodado para la cuidad de Coronel, se evalúan medidas de control necesarias para reducir la emisión sonora de fuentes vehiculares, camiones y buses para cumplir con el criterio de la OPB.

Se ha identificado para la Ruta 160 la ausencia de medidas de control de ruido principalmente en el sector norte de la comuna. Se ha proyectado niveles por sobre los límites de la norma de la OPB en el costado oriente de la Ruta 160 entre Avenida Vivaldi y Avenida Galvarino. Otro sector carente de medidas de control identificado se encuentra ubicado en el costado poniente de la Ruta 160, frente al recinto del puerto seco.

Se ha observado también que los niveles de presión sonora generado por el tráfico vehicular en la zona urbana de la cuidad de Coronel y en especial el ruido generado en las vías troncales y colectoras, supera los niveles límite señalados por la OPB en la superficie contigua a ellas. Las medidas de control para reducir el ruido generado por el tránsito vehicular en este tipo de vías, pasan principalmente por la implementación de medidas de carácter administrativas. Medidas ingenieriles como barreras acústicas son inviables en la mayoría de las vías locales. Otras medidas como pavimentos silenciosos, no son efectivas en vías de baja velocidad a raíz del alto porcentaje de obstrucción resultante en pavimentos porosos para este tipo de vías.

6.3.1 Medidas de ingeniería para el tráfico vehicular

Barreras acústicas: Se recomienda la instalación de barreras acústicas en varios sectores donde existe población potencialmente expuesta de la Ruta 160. La barrera acústica deberá ser construida de un material solido que posea una densidad no menor a 10 Kg/m^2. La barrera deberá ser continua y no poseer aberturas intermedias. En caso de traslapes entre paños de barreras, éste deberá ser a lo mínimo cuatro veces la distancia de separación entre ambas barreras.

Puede ser opaca o translúcida como la barrera actualmente instalada en el sector. La altura de la barrera deberá ser re evaluada ya que la altura actual no permitiría cumplir con la normativa de la OPB. Se estima preliminarmente que la barrera debería poseer una altura efectiva no menor a 4 metros.

Carpetas de rodado silenciosas: Se ha evaluado que la barrera acústica actualmente instalada en la Ruta 160, es deficiente para reducir los niveles de ruido por debajo de los límites señalados por la OPB. Medidas de control adicionales a evaluar podría incluir el uso de carpetas de rodado silenciadoras o también llamadas pavimentos silenciosos.

Estudios desarrollados por el Centro de investigación de Pavimentos de la Universidad de California (UCPRC) y la Danish Road Directorate han demostrado que el uso de algunas mezclas de pavimentos asfálticos porosos, podrían reducir el ruido generado por el rodado de los automóviles hasta 5 dBA. Pavimentos estudiados en USA y Europa incluyen pavimentos de asfalto con textura negativa, asfaltos altamente porosos de una y dos capas y asfaltos porosos con mezcla de caucho.

La reducción de niveles en pavimentos es muy dependiente de dos factores. Primeramente, respecto del tipo de carpeta con la que se compare (ejemplo, asfalto denso o concreto). Para el caso de la Ruta 160, se está utilizando actualmente una carpeta de asfalto denso, por lo que un asfalto con un alto contenido poroso (mayor a 18%) podría resultar beneficioso. En segundo lugar, la reducción sonora es dependiente del tiempo o lo que se conoce como el envejecimiento del pavimento. La mayor disminución de nivel, ocurre generalmente luego de instalada la carpeta silenciosa, sin embargo se ha observado que los niveles se incrementan con el transcurso del tiempo, pudiendo alcanzar de vuelta los niveles de ruido existentes previos al reemplazo en un par de años sin un adecuadamente cuidado.

Mejoramiento del aislamiento sonoro de viviendas: En algunos países se indica la mejora del aislamiento sonoro de las viviendas como una solución aceptable de mitigación de ruido. El programa de mejoramiento del aislamiento sonoro es bastante común para aeropuertos y carreteras que impactan comunidades residenciales locales en USA. Este mejoramiento del aislamiento normalmente consiste en el reemplazo de las ventanas (cristales y marcos) que están expuestas a la línea férrea por cristales dobles o ventanas tipo “termopanel” y marcos de alta hermeticidad. Para determinar cuál o cuáles ventanas deben ser reemplazadas, se debe efectuar una evaluación que determine el tipo de ventana actualmente instalada.

El proceso de mejoramiento puede incluir también el sellado de fachadas, lo que mejora el aislamiento sonoro y reduce las filtraciones.

Proyectos de transporte han implementado este tipo de medida de mitigación de ruido, desarrollado como un proceso formal dirigido por un arquitecto con competencia, trabajando en conjunto con un ingeniero consultor acústico. Este proceso incluye también al dueño de la propiedad para determinar el plan de mejora apropiado y aceptable para cada situación.

El reemplazo de las ventanas por una de mayor hermeticidad, debe ir acompañado con la instalación de un sistema de ventilación forzada o natural que asegure el adecuado intercambio de aire al interior de la vivienda. Este sistema de ventilación deberá contar con un atenuador o silenciador de ruido. Existen atenuadores comercialmente disponibles para este tipo de aplicación, como por ejemplo los modelos modelo GlasMax ‘ZR’, DucoMax ‘ZR’ y MiniMax ‘ZR de la marca Duco.

6.3.2 Medidas administrativas para el tráfico vehicular

Fiscalización de Reglamentos Existentes: Implementar un sistema de fiscalización para el cumplimiento del D.S. N° 129/2002 “Norma de Emisión de Ruidos para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural” del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), que establece los niveles máximos interior y exteriores permitidos para buses de la locomoción colectiva.

Re ruteo del tránsito vehicular pesado: Si bien en la actualidad existe una ruta específica para el tránsito de vehículos pesados desde y hacia el puerto, se ha determinado que los niveles generados en ésta ruta están por sobre los límites permitidos por la OPB. El cambio de las ruta de acceso por rutas exclusivas contenidas o directamente en túneles similar al acceso al puerto de Valparaíso, permitiría reducir el impacto del tránsito de vehículos pesados en las vías troncales de la cuidad de Coronel.

Creación de zonas buffer: En zonas donde la inclusión de medidas de control de ingeniería sea inviable, se podrá evaluar la incorporación de zonas buffer al plan regulador que permita, de acuerdo al uso de suelo, crear una zona amortiguamiento o transición entre la fuente de rodado y el receptor.

Inserción de estaciones modales en las afueras del radio urbano: Implementar Hubs o estaciones modales en las afueras del radio urbano que permita eliminar el tránsito de camiones pesados dentro del límite urbano de la cuidad. Canalizar el movimiento de productos desde la zona de puerto hacia y desde esta estación(es) modal(es) a través de transporte que genere menores niveles de emisión sonora como por ejemplo trenes, camiones eléctricos y cintas transportadoras.

6.4 Medidas de Control para Fuentes Ferroviarias

La evaluación del nivel de ruido generado por la operación de las fuentes de ferrocarriles dentro de la comuna de Coronel indica áreas donde se superarían los límites de inmisión de la normativa de la OPB. Actualmente, es el tren de carga la única fuente de ferrocarril en la comuna. Sin embargo, durante el año 2016 se pondrá en marca la extensión del Biotren hasta el sector centro-norte de la Cuidad de Coronel.

El impacto durante la operación diurna de ferrocarriles se concentra al sector poniente de la avenida Juan Antonio Ríos, entre Cerro San Francisco y Dalmiro Barriga, y en el sector oriente de Carlos Pratt González entre Juan Antonio Ríos y Los Carrera.

En la zona centro de Coronel se han identificado niveles por sobre los límites de la OPB para la jornada diurna a lo largo de la Costanera. Finalmente, la operación de ferrocarriles generaría niveles por sobre el límite de 60 dBA en las residencias del borde costero de Playa Blanca.

El análisis efectuado y que se presenta en capítulos anteriores de este informe, asume tanto el proyecto de Biotren como el de ferrocarriles de carga en operación. Sin embargo, resultados del análisis ha demostrado que la principal fuente generadora de impacto sobre la comunidad es la operación del ferrocarril de carga.

Tres son las fuentes sonoras identificadas para el ferrocarril de carga:

a) Motores y generadores al interior de la locomotora

b) El ruido generado por la interacción riel-rueda

c) Bocina de emergencia utilizada antes de cada cruce a nivel.

6.4.1 Medidas de ingeniería para fuentes ferroviarias

Barrera acústica: La forma más eficaz para reducir el nivel de ruido generado por el paso de ferrocarriles se logra a través de una barrera acústica instalada entre la línea férrea y el receptor. Lo más cercano que se instala la barrera desde la fuente (ferrocarril) o el receptor (vivienda), mejor es la pérdida por inserción que se logra. La barrera deberá ser construida de una material sólido como bloques o paneles de concreto, acero o material translúcido con una densidad mínima de 10 Kg/m^2. Aberturas o separaciones entre paneles o en la base de la barrera degradaría la de la barrera y no debería ser parte del diseño.

La altura de la barrera dependerá de donde sea instalada, se ha estimado preliminarmente que una barrera de 3 metros lograría reducir el ruido generado por el paso de los ferrocarriles.

Eliminación de bocina de emergencia en cruces a nivel: El resultado del análisis de identificación de fuentes sonoras de relevancia para la cuidad de Coronel, concluyó que el ruido producido por el sonido de las bocinas de ferrocarriles en los cruces habilitados. Diecinueve son los cruces de ferrocarril habilitados en la comuna de Coronel. La figura 112 muestra un plano con la identificación los cruces a nivel en la comuna de Coronel.

La figura 113 presenta un mosaico con fotografías de cada cruce, en la que se observa la carencia en medidas de control de seguridad existentes en todos los cruces de la comuna. Ninguno de los 19 cruces ferroviarios a nivel en la comuna tiene barreras manuales o automáticas y solamente tres poseen guarda cruces (CF 06, CF 07 y CF 08).

La Norma de Seguridad Cruces a Nivel NS-01-05-00 de EFE estable los requisitos mínimos que deben cumplir los cruces a nivel para prevenir los riesgos de accidentes entre la circulación ferrovial y vial cuando se cruzan al mismo nivel. La normativa clasifica los cruces en seis categorías (1 a 6) de acuerdo a su "Momento de Circulación" y a su "Visibilidad". De acuerdo a su clasificación serán los requisitos mínimos de equipamiento de cruces a nivel.

Tabla 59: Categorización de cruces ferroviarios [NS-01-05-00 de EFE]

Categoría del Cruce	Protección
1	Señalización fija
2 y 3	Señalización fija + señalización activa
4 y 5	Señalización fija + señalización activa + dos semi barreras
6	Señalización fija + señalización activa + cuatro semi barreras

Fuente: EFE, elaboración propia.

Señales fijas incluye el Letrero Pare (RPI-2 de acuerdo al Manual de Señalización MTT), las señales de "Cruce Ferroviario a Nivel" con barrera (PI-1a) y sin barreras (PI-1b) y la señal de la Cruz de San Andrés (PI-2).

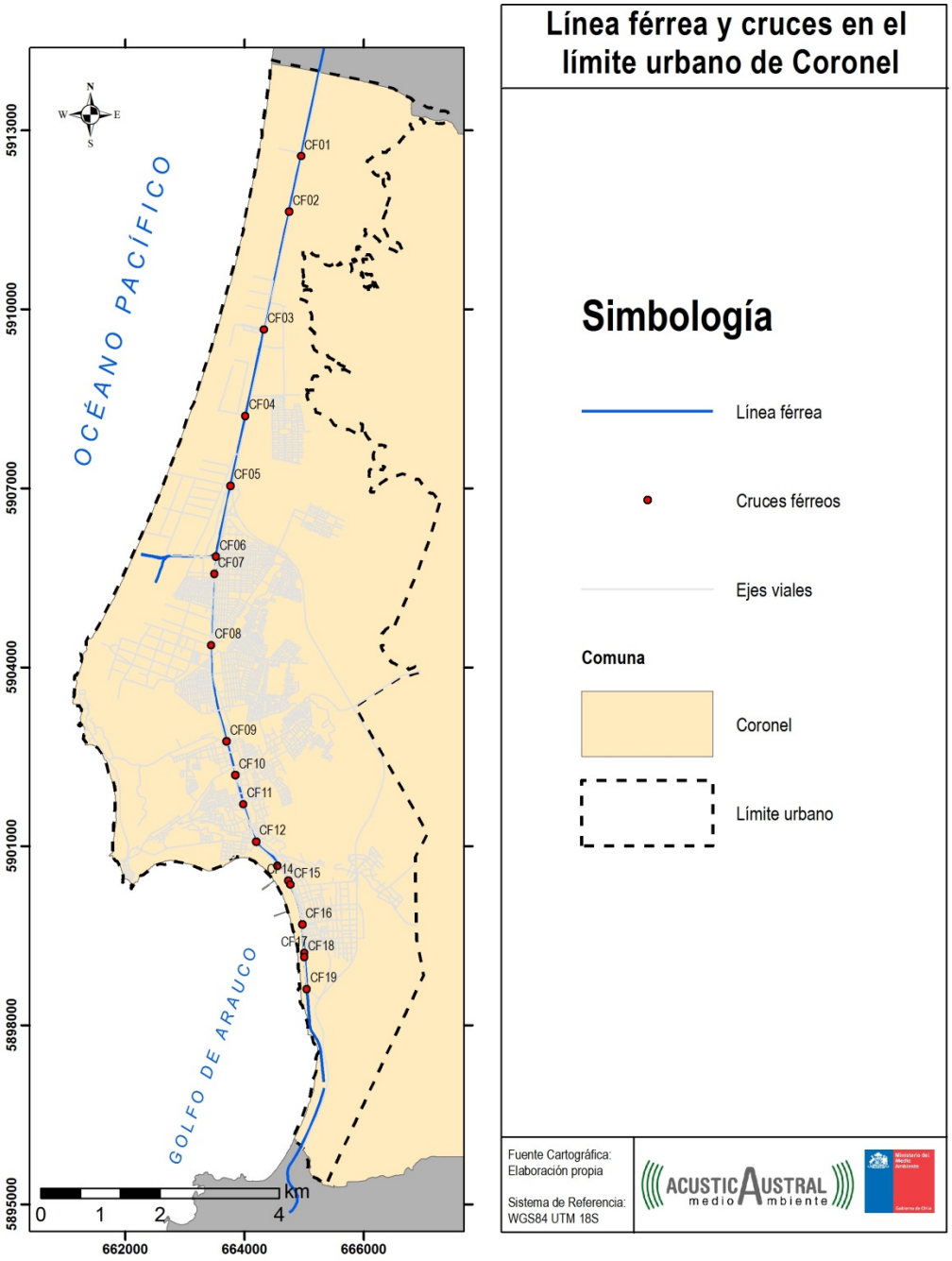


Figura 112: Cruces ferroviarios dentro de la comuna urbana de Coronel. Fuente: Elaboración propia.



CF-01



CF-02



CF-03



CF-04



CF-05



CF-06



CF-07



CF-08



CF-09



CF-10



CF-11



CF-12



CF-13



CF-14



CF-15



CF-16



CF-17



CF-18



CF-19

Figura 113: Fotografías de los cruces ferroviarios en Coronel. Fuente: Elaboración propia.

La regulación respecto de la forma y proceder de los trenes en los cruces ferroviarios, está determinada por la Empresa de Ferrocarriles del Estado EFE y su Reglamento de Tránsito Ferroviario (RTF). Este reglamento señala que se debe tocar la bocina de la locomotora bajo tres condiciones:

- Antes de iniciar el movimiento
- Al aproximarse a estaciones, túneles, curvas y puentes
- Antes de un paso nivel (en este caso, debe tocarse ante la presencia de la baliza “Cruce Pito” o a no menos de 200 metros antes del cruce, si ésta no existe)

Respecto de los niveles de emisión sonora de las bocinas en los ferrocarriles está normado por la norma de seguridad NS-10-5-2 de la Empresa de Ferrocarriles del Estado.

Medidas de control para disminuir la emisión sonora y el impacto de ruido generado por ferrocarriles en los cruces a nivel se han implementado en países como los Estados Unidos. Medidas de control apuntan a mejorar las condiciones de seguridad existente en los cruces a nivel y como consecuencia de estas medidas, proceder a eliminar la necesidad de sonar las bocinas.

El programa de “Quiet Zones” o “Zonas Silenciosas” de la Federal Railroad Administration (FRA) permite eliminar la necesidad de que los trenes suenen sus bocinas en cruces a nivel, a cambio de implementar medidas de seguridad adicionales para disminuir el riesgo de choques y atropellos. En una zona silenciosa, se ha informado a los operadores de ferrocarriles de eliminar el toque de bocinas, que ocurría aproximadamente 400 metros (¼ de milla) antes de ingresar al cruce a nivel (200 metros para el caso chileno). Los trenes todavía pueden utilizar sus bocinas en zonas silenciosas en caso de emergencia.

Para implementar una zona silenciosa, de acuerdo a los requerimientos de la FRA, primero es necesario mitigar el incremento del riesgo causado por la ausencia de bocina. Se debe cumplir una de las siguientes una de las siguientes condiciones para implementar una Zona Silenciosa:

1. El índice de riesgo en la zona silenciosa debe ser menor o igual que el umbral de riesgo significante a nivel de país

2. El Índice de riesgo de la zona silenciosa debe ser menor o igual que el índice de riesgo con bocina

3. Instalar Medidas Suplementarias de Seguridad (MSS) o Medidas Alternativas de Seguridad (MAS).

Esta última medida de mitigación es el método más efectivo para reducir el riesgo en una zona silenciosa y mejorar las condiciones de seguridad.

En general, en Chile la tasa de atropellos y colisiones es mucho mayor que las tasas ferroviarias internacionales. Así, por ejemplo, un estudio presentado por LIBRA Ingenieros Consultores, revela tasas de atropellos para el periodo de 2005 a 2007 de 14 veces la tasa de USA, 11 veces la de UK y más de 37 la de Australia. Con respecto a las colisiones, las tasas son más del doble las reportadas por USA, tres veces y media veces las de UK y 13 veces la de Australia. Las tasas de atropello y colisiones para la octava región y para el tramo Concepción - Curanilahue, no son muy distintas a las de nivel nacional

Medidas para mejorar el índice de riesgo a evaluar, puede incluir el uso de barreras automáticas de cuatro cuadrantes, uso de medianas o equipamiento de canalización y vías de una dirección con barreras automáticas. Una mejora del índice de riesgo, de acuerdo con el FRA, es un punto de partida para poder implementar las Zonas Silenciosas y mejorar así las condiciones ambientales de la comunidad.

Tabla 60: Medidas para mejorar el índice de riesgo a evaluar.

	Barreras automáticas de cuatro cuadrantes
	Uso de medianas o equipamiento de canalización (conos).

Medidas alternativas de seguridad (MAS) incluye el uso de bocinas al borde del camino (Wayside Horns). Estas bocinas pueden focalizar de mejor manera la dirección de la alarma sonora, reduciendo así la huella de ruido dejada por el tren en la proximidad de cada cruce a nivel. Pueden ser instaladas en el cruce a nivel y dirigidas hacia la calle, combinándose con el uso de señales luminosas en los cruces y barreras automáticas.



Figura 114: Medidas alternativas de seguridad (bocinas). Fuente: Federal Railroad Administration.

Implementación de cruces ferroviarios a desnivel: Cruces a nivel, como ocurre en la intersección de una calle de acceso y una vía férrea son intrínsecamente poco seguro. La mejor opción para mejorar la seguridad en los cruces a nivel es cerrarlos o eliminar la posibilidad del contacto entre el ferrocarril y los vehículos. Este objetivo se puede obtener a través del cierre directo temporal o permanente del cruce o a través de la implementación de un cruce a desnivel entre ambas modalidades de transporte, ya sea por sobre o bajo nivel.

Mejoramiento del aislamiento sonoro de viviendas: En algunos países se indica la mejora del aislamiento sonoro de las viviendas como una solución aceptable de mitigación de ruido. El programa de mejoramiento del aislamiento sonoro es bastante común para aeropuertos y carreteras que impactan comunidades residenciales locales en USA. Este mejoramiento del aislamiento normalmente consiste en el reemplazo de las ventanas (cristales y marcos) que están expuestas a la línea férrea por cristales dobles o ventanas tipo “termopanel” y marcos de alta hermeticidad. Para determinar cuál o cuáles ventanas deben deberán ser reemplazadas, se debe efectuar una evaluación que determine el tipo de ventana actualmente instalada. Proyectos de transporte han implementado este tipo de medida de mitigación de ruido, desarrollado como un proceso formal dirigido por un arquitecto con competencia, trabajando en conjunto con un ingeniero consultor acústico. Este proceso incluye también al dueño de la propiedad para determinar el plan de mejora apropiado y aceptable para cada situación.

6.4.2 Medidas administrativas para fuentes ferroviarias

Restricción de horario de operación: De acuerdo a los resultados del análisis, restricción de horario de operación a los horarios diurnos dentro de la cuidad de Coronel podría resultar en una medida de control efectiva para reducir la emisión sonora del paso de los ferrocarriles de carga por la comuna durante el horario de noche.

6.5 Medidas de Control para Recintos Sensibles

El resultado de la evaluación de ruido ha indicado altos niveles de ruido ambiental el exterior de recintos educacionales. De un total de 51 establecimientos educacionales evaluados, 29 está expuesto a niveles equivalentes exteriores (Ld) por sobre los 60 dBA. De esos 29 establecimientos, 10 se emplazan en una zona con niveles por sobre los 65 y 3 en una zona por sobre los 70 dBA.

Con la finalidad de evaluar las condiciones existentes en los establecimientos educacionales y estimar sus condiciones acústicas de aislamiento como al interior de las salas de clases, se procedió a efectuar mediciones de aislamiento de fachadas, inteligibilidad de la palabra y tiempo de reverberación en cuatro establecimientos considerados representativos de la cuidad de Coronel.

Aislamiento de Fachadas

Se evaluó el aislamiento sonoro de la fachada de cuatro establecimientos educaciones (ver figuras 24 y 25), indicados en la tabla 61 de la comuna de Coronel, los cuales se acordaron con la Contraparte Técnica y Municipalidad de Coronel para analizar su comportamiento.

Tabla 61: Establecimientos Educacionales medidos en Coronel

Establecimiento	Dirección	Zona de Coronel	Nivel diurno en fachada más expuesta (dBA)	Características constructiva de la fachada expuesta
Escuela Rosa Yáñez Rodríguez	Pedro Aguirre Cerda 251, Coronel	Sur	71.2	Muro madera, ventana simple con cristal 4-5 mm y marco de madera.
Liceo Rosa Medel Aguilera	Pedro Aguirre Cerda Lo Rojas 700	Sur	62.3	Muro de albañilería, ventana simple con cristal 4-5 mm y marco de acero.
Colegio Einstein	Avenida Cordillera 3631 Parque Industrial, Coronel	Norte	70.7	Muro liviano, ventana simple con cristal 4-5 mm y marco de acero.
Liceo Técnico de la Madera	Av. Cordillera 3581, Parque Industrial, Coronel	Norte	60.7	Muro de albañilería, ventana simple con cristal 4-5 mm y marco de acero.

Fuente: Elaboración propia, en base al presente estudio.

Estos establecimientos educacionales medidos se encuentran emplazados, de acuerdo a los niveles diurnos obtenidos del mapa de ruido global (ver tabla 61), en una zona con niveles exteriores que varían entre los 61 dBA y 71 dBA. Dos de los cuatro establecimientos educacionales seleccionados, se encuentran en una zona por sobre los 70 dBA (Liceo Rosa Yáñez y Colegio Einstein).

6.5.1 Medidas de ingeniería para recintos sensibles

La evaluación efectuada sobre cuatro establecimientos educaciones para la comuna de Coronel, ha mostrado deficiencias en el diseño y construcción de varios de los puntos de importancia que determinan las características acústicas de recintos de educación. Al comparar con estándares de diseño como la norma ANSI S12-60 [ANSI 2002], se observan deficiencias en el aislamiento sonoro de fachada[32], tratamiento acústico interior e inteligibilidad del mensaje hablado.

Medidas de control para mejorar el aislamiento y las condiciones acústicas interiores en los establecimientos educacionales incluye:

[32] Esta evaluación sólo ha revisado el aislamiento de fachada, pudiendo existir también deficiencias en el aislamiento entre recintos dentro del establecimiento educación. Sin embargo, el análisis del aislamiento entre salas y espacios comunes está fuera del alcance de este estudio.

Aislamiento de fachada: En general, el elemento constructivo más débil, respecto de sus características de aislamiento sonoro, es la ventana. Consecuentemente se recomienda reemplazo de las ventanas (cristales y marcos) que están expuestas a las fuentes sonoras (ruido de tráfico vehicular, línea férrea e industrias) por cristales dobles o ventanas tipo "termopanel" y marcos de alta hermeticidad. Los cristales deben ser de distinto espesor para evitar la frecuencia de coincidencia que degrada el aislamiento global del elemento.

Se debe notar que para mantener el aislamiento sonoro deseado, se debe mantener cerradas las ventanas todo el tiempo. Esto trae como consecuencia la implementación de elementos que permitan la correcta renovación de aire dentro de la salas. Se debe estudiar el diseño de sistemas de renovación de aire y aire acondicionado, que permitan mantener ambientes con características ambientales de acuerdo a lo estándares para establecimientos educacionales sin necesidad de abrir las ventanas.

Mejoramiento de la absorción acústica interior: Se recomienda mejorar la absorción acústica al interior de las salas de clases. En general se prefiere el uso de elementos con alta absorción sonora (NRC igual o mayor a 0.80) en los cielos y muros. No obstante, se debe estudiar caso a caso las necesidades para cumplir con los estándares recomendados por la norma aquí especificada.

6.5.2 Medidas administrativas para recintos sensibles

Reubicación: Se han identificado once (11) establecimientos educacionales donde sus niveles ambientales exteriores superan los 65 dBA. Niveles ambientales exteriores por sobre los 65 dBA son totalmente incompatibles con varios tipos de usos de suelo, incluyendo establecimientos educaciones. Se recomienda evaluar la posible re ubicación de estos establecimientos a lugares con una menor exposición sonora ambiental.

Zonas de Transición: Incorporar en los elementos de planificación territorial, zona de transición para evitar la interacción de usos de suelo que permiten mayores niveles de emisión de ruido con aquellos de usos educacional. Prohibir el uso de suelo educacional contiguo a zonas productivas, con industria, vías de circulación aérea y terrestre de alto flujo vehicular liviano y pesado.

Estudios acústicos durante etapas de diseño: Es importante incluir dentro del proceso de aprobación de obras, estudios acústicos y de ruido que permitan asegurar ya sea a través de elementos de diseño tanto al momento de ubicar o posicionar de los edificios, como también el diseño de los elementos constructivos interiores y exteriores, que los futuros proyectos se construyan dentro de ambientes compatibles para establecimientos educacionales. En caso de permitir establecimientos en zona ruidosas, requerir un estudio acústico que permita alcanzar los estándares mínimos de confort como los especificados a través de este informe.

6.6 Análisis de Costos para las Medidas de Control Propuestas

La evaluación de las condiciones de ruido ambiental a lo largo de la comuna de Coronel ha indicado la necesidad de implementar medidas de control de ruido en diversas fuentes sonoras. Medidas de control recomendadas incluye el uso de barreras, encierros acústicos, silenciadores y materiales absorbentes acústicos entre otros.

La siguiente tabla entrega un valor aproximado para implementar cada una de las medidas de control. Estos valores representan un costo aproximado inicial, en algunos casos incluyendo costos generales de instalación. No se ha incluido los costos de mantención de las medias en el tiempo.

Tabla 62: Tabla de costos aproximados de medidas de control de ruido.

Elemento de Control de Ruido	unidad	Rango de costo neto en pesos chilenos (excepto donde se indica)	
Panel acústico Rw 35	m^2	$ 40.000	$ 55.000
Panel acústico Rw 38 -40	m^2	$ 55.000	$ 85.000
Instalación paneles acústico (incluido estructura)	m^2	$ 80.000	$ 160.000
Barreras Solidas	m^2	$ 90.000	$ 110.000
Barreras carretera sólidas	Km lineal (3 mt altura)	$ 300.000.000	$ 400.000.000
Barreras translucidas	Km lineal (3 mt altura)	$ 400.000.000	$ 600.000.000
Pavimento Silencioso	Km lineal de vía	$ 80.000.000	$ 90.000.000
Cabinas Acústicas instalada	m^2	$150.000	$ 250.000
Puertas Acústicas	un	$ 500.000	$ 700.000
Silenciadores Louvers	m^2	$ 500.000	$ 1.000.000
Silenciadores Tipo Splitter	m^2	$ 1.500.000	$ 1.800.000
Silenciador gases grupo electrógeno 500 KVA	un	$ 1.800.000	$ 2.000.000
Paneles absorbente acústicos	m^2	$ 60.000	$ 80.000
Silenciador de venteo	Un	$ 10.000.000	$ 30.000.000
Alarma de retroceso inteligente	un	$ 250.000	$ 300.000
Bocinas al borde del camino (Ferrocarriles - Wayside horns)	por cruce	USD $ 8.000	USD $10,000
Aislamiento de Viviendas (ventanas instaladas)	m^2	$ 65.000	$ 115.000
Panel cielo absorbente	m^2	$ 40.000	$ 50.000

Fuente: Elaboración propia.

Los valores anteriores muestran el elevado costo de las inversiones en medidas físicas de control de ruido, por lo que la decisión de dónde y cuándo aplicarlas debe estar asociada a un estudio de las opciones más costo-efectivas para cada caso.

En general, para las fuentes emisoras de gran potencia acústica resultan más convenientes las medidas de control en el origen y muy próximas a las fuentes, de modo que la extensión de las medidas sea la menor posible. Esta situación ocurre en los barrios industriales, con escasa presencia de actividades sensibles al ruido, pero con presencia de trabajadores en proximidad a las fuentes.

En el caso de múltiples fuentes pequeñas, como el caso de las vías, resulta más costo-efectivo el tratamiento en los receptores, especialmente en las ventanas. Las barreras acústicas tienen limitada aplicabilidad en situaciones urbanas, debido a que la necesidad de entradas y salidas impide la continuidad, por una parte, y por otra que su efectividad pierde efecto con la altura. Por lo tanto, las barreras son costo-efectivas en las zonas de alta densidad y baja altura de edificación.

En cada caso, la decisión de inversiones en control de ruido debe considerar los beneficios no acústicos asociados. Por ejemplo, los sistemas de advertencia en cruces ferroviarios no sólo reducen las emisiones de ruido sino también reducen los elevados riesgos de accidentes. En el caso del remplazo de ventanas y/o sellado de hermeticidad en fachadas, se obtiene un beneficio de calidad térmica, con importantes efectos económicos.

Además, en el análisis económico debe considerarse el impacto sobre el valor de las propiedades afectadas por el ruido, ya que una mejor protección acústica implica una mayor valoración para efectos de arriendo o venta de un inmueble.

6.7 Gestión del Ruido desde Entidades Gubernamentales

Es responsabilidad del gobierno de cada país legislar las leyes para controlar el ruido medioambiental generado por diversas fuentes sonoras; Por ejemplo, ruido de fuentes fijas, tránsito vehicular, etc. A medida que las sociedades se desarrollan, se incrementan los niveles de industrialización y urbanización y sus redes de transporte se hacen cada vez más voluminosas y extensas. Se hace imperioso que las administraciones locales puedan implementar políticas de manejo de las medidas de reducción necesaria para generar un Plan de Bajo Ruido para sus comunidades.

Educación de la Comunidad de los daños generados por el ruido: Es fundamental en el manejo de una política de información y educación el informar a la ciudadanía acerca de los riesgos e impactos del ruido sobre la salud. Las políticas de reducción de ruido pueden ser establecidas sólo si el conocimiento básico está disponible y tanto las personas como autoridades están conscientes de que el ruido es un peligro medio ambiental que necesita ser controlado.

Se debe informar a la comunidad en todos los niveles a través de charlas educativas públicas, a través de información en las escuelas, centros comunitarios y avisos en lugares públicos entre otros, no sólo de los riesgos asociados al ruido, sino que también de los derechos y las responsabilidades de cada ciudadano. Educar a la población de cómo prevenir y canalizar los reclamos por emisiones de ruido.

Incorporar al ruido a la decisión del Plan Regular Comunal: Planificación territorial es una de las herramientas principales de control de ruido. Se debe evitar la planificación de usos de suelo que permiten mayores niveles de emisión de ruido con aquellos donde se requiere menor nivel de ruido. Prohibir el uso de suelo educacional contiguo a zonas productivas, industriales, vías de circulación aérea y terrestre de alto flujo vehicular liviano y pesado. Planificar el uso de suelo destinado a escuelas y hospitales de acuerdo a los ambientes sonoros compatibles con esos usos de suelo.

Requerimientos mínimos de aislamiento de viviendas: A través de los instrumentos legales de edificación, evaluar los requerimientos mínimos de aislamiento sonoro en viviendas, que permitan mantener ruido ambientales interiores menores a 45 dBA.

Mapas de Ruido: Implementar políticas de ejecución y mantenimiento de mapas de exposición sonora que permita identificar las distintas fuente sonora existentes; por ejemplo tránsito vehicular, ferrocarriles, industriales, portuarias y todas aquellas de actividades humanas en general.

6.8 Mejoras a la Ordenanza de Ruido

La gestión de los problemas de ruido ambiental se basa, desde luego, en la voluntad del municipio de abordarlos y en la canalización de las señales que la comunidad de vecinos elevan hacia las autoridades locales. Por ejemplo, a través de la OIRS Municipal.

En los talleres de evaluación de ruido realizados en Coronel se identificaron diversas fuentes en que aplica el D.S. 38/11 del MMA y otras en que no aplica. La función de la OIRS debería orientar al reclamante de cuáles son sus derechos y, en caso de ser vulnerados, los mecanismos para elevar su reclamación.

Para este efecto, es conveniente que exista una Ordenanza Municipal que regule ruidos molestos y/o actividades ruidosas, la cual genera atribuciones que complementan las facultades de otros organismos de

Salud y Medio Ambiente. En particular, se requiere abordar las denuncias que tengan origen en actividades y fuentes de ruido no reguladas por el D.S. 38/11 del MMA y que son de preocupación pública, tales como:

a) el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo.

b) el tránsito aéreo.

c) el uso de viviendas, voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares

d) el uso del espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares

e) los sistemas de alarma y de emergencia

f) las voladuras y/o tronaduras

Aquellas fuentes que no sean cubiertas por la Ordenanza Municipal debieran ser derivadas por la OIRS a los organismos que correspondan.

La nueva institucionalidad ambiental (Ley 20.417) establece como estrategia diferentes medidas de gestión, que pueden ser ordenadas:

a) Por cadena de control

b) Por tipo de fuente

c) Por la oportunidad

d) Por instrumento legal

A nivel municipal, los principales instrumentos son el Plan Regulador (preventivo) y la Ordenanza (correctivo y sancionatorio). Sin embargo, el actual rol de las ordenanzas municipales no está acorde con la regulación efectiva de los conflictos de ruido.

Se extracta a continuación, a modo de ejemplo, partes de la Ordenanza de Peñalolén, aprobada el 23 de febrero de 2015.

"Párrafo 2º
De la Prevención y Control de Ruidos

Artículo 31. Se prohíbe todo ruido, sonido o vibración, que por su duración o intensidad ocasione molestias al vecindario sea de día o de noche, que se produzcan en el aire, en la vía pública o en locales destinados a la habitación, al comercio, a la industria o a diversiones o pasatiempos. También queda prohibida toda infracción a las normas generales de emisión de ruidos generados por fuentes fijas, regulados en el decreto supremo Nº 146, del 24 de diciembre de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, y en el decreto Nº 38, del 11 de noviembre de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

Artículo 32. Queda prohibido causar, producir, estimular o provocar ruidos molestos, superfluos o extraordinarios, cualquiera sea su origen, cuando por razones de hora y lugar, o grado de intensidad, perturben o puedan perturbar la tranquilidad o reposo de la población o causar cualquier perjuicio material o moral.
Quedan exceptuados de la prohibición establecida en el inciso precedente los ruidos ocasionados o producidos por motores de naves que

cruzan el espacio aéreo de la comuna con destino o salida hacia o desde aeródromos.

Artículo 34. Queda estrictamente prohibido en toda la comuna:

1. El uso de altoparlantes, radios y cualquier otro instrumento capaz de generar ruido al exterior, como medio de propaganda ubicado afuera de los negocios. Sólo se permitirá el uso de los instrumentos musicales en aquellos establecimientos que los empleen como medio de entretenimiento para sus huéspedes y siempre que funcionen en el interior de los locales cerrados, que no produzcan ruidos claramente molestos al exterior, que cuenten con la patente municipal correspondiente y que cumplan con el DS Nº 10, de 2010, del Ministerio de Salud.

2. El uso de parlantes o cualquier instrumento que pueda generar ruidos claramente molestos instalados en casas-habitaciones, terrazas, sitios o similares.

3. Entre las 23:00 y las 07:00 horas, en las vías públicas, las conversaciones en alta voz sostenidas por personas estacionadas frente a viviendas, las canciones, la música en general, ya sea que los ejecutantes vayan a pie o en vehículo, cuando éstas sean claramente molestas.

4. Los espectáculos, actividades culturales, manifestaciones masivas o cualquier otra actividad similar, capaz de generar emisiones sonoras, a excepción de que cuenten con la autorización expresa de la Municipalidad o de la autoridad competente.

Las ferias de diversiones, carruseles, ruedas giratorias o cualquier otro entretenimiento semejante podrán usar aparatos de reproducción de música sólo durante el tiempo comprendido entre las 10:00 y las 23:00 horas.

5. El pregón de mercaderías y objetos de toda índole que promuevan ruidos molestos. Especialmente, se prohíbe a los vendedores ambulantes o estacionados el anunciar su mercancía con instrumentos o medios sonoros o de amplificación, accionados en forma persistente o exagerada.

6. Las actividades de carga y descarga entre las 23:00 y las 07:00 horas del día siguiente, salvo que ésta se realice al interior de un predio y en condiciones que no afecten a la población.

7. Las fiestas y celebraciones particulares después de las 12:00 de la noche, eventos en salas de evento de edificios, ensayos de música en viviendas, y/o similares que ocasionen ruidos claramente molestos.

8. La tenencia de perros, gatos u otros animales en las viviendas cuando ello ocasione ruidos claramente molestos.

Artículo 35. La fiscalización de las presentes disposiciones sobre ruidos se efectuará de acuerdo a las normas del Título VI de esta Ordenanza, sin perjuicio de las facultades y atribuciones que en esta materia le competen a la Secretaría Regional Ministerial de Salud, a la Superintendencia de Medio Ambiente o la autoridad que a futuro corresponda.

TÍTULO VI
Fiscalización y Sanciones

Párrafo 1º
Generalidades

Artículo 105. Sin perjuicio de la actividad que corresponda a los particulares afectados, corresponderá al personal de Carabineros de Chile, a la Inspección Municipal, Aseo y Ornato, a la Dirección de Obras y/o a funcionarios municipales controlar el cumplimiento de la presente Ordenanza.

Artículo 106. El municipio, a través de la Dirección de Medio Ambiente, deberá informar a la Superintendencia del Medio Ambiente respecto del incumplimiento de las normas ambientales que se presenten dentro de la comuna, para que ésta adopte las medidas preventivas, correctoras o

reparadoras necesarias, ordenando las inspecciones que estime pertinentes y aplicando las sanciones que correspondan.

Artículo 107. Los inspectores municipales podrán efectuar inspecciones ingresando a instalaciones, locales, recintos u otros establecimientos, quedando los propietarios, usuarios, poseedores o meros tenedores obligados a permitir el acceso, siempre que la inspección tenga por objeto asegurar el cumplimiento de lo prescrito en la presente Ordenanza. En caso de oposición, la Municipalidad solicitará al Juzgado de Policía Local el ingreso con auxilio de la fuerza pública.

Artículo 108. Los funcionarios municipales, en las visitas inspectiva, deberán acreditar su condición de inspectores exhibiendo la documentación idónea extendida por la Municipalidad. No será necesaria la notificación previa de las visitas, siempre que se efectúen dentro del horario oficial de funcionamiento de la actividad.

En primer lugar (art. 31), se prohíben los ruidos "que ocasionen molestia", lo cual introduce un concepto subjetivo difícil sino imposible de evaluar objetivamente. En esta condición de prohibidos quedarían los ruidos generados, por ejemplo, por el transporte vehicular, los cuales evidentemente generan molestia en los habitantes.

En segundo lugar, se hace mención al D.S. N° 146/1997 de MINSEGPRES, el cual quedó sin efecto en 2014, una vez publicado el D.S. 38/11 del MMA. Por lo tanto, esta mención confunde en lugar de precisar las exigencias.

Se reitera (art. 32) la prohibición de ruidos que puedan "causar cualquier perjuicio material o moral", lo cual es un efecto conocido de la contaminación acústica, pero no se indica la forma de verificarlo. En el art. 34 se prohíben diversos tipos de actividades "que pueda generar ruidos claramente molestos", sin que se indique tampoco una forma de verificar dicha condición de "claramente molestos". Las anteriores disposiciones muestran ejemplos típicos de medidas de difícil fiscalización y, por lo tanto, de escasa efectividad en la protección hacia los habitantes. Al no tener criterios objetivos con un carácter vinculante, las disposiciones no son conducentes a una regulación efectiva y representan meros nobles propósitos.

Las disposiciones de los Art. 35 y 106 recogen adecuadamente la necesidad de canalizar las demandas hacia las instituciones pertinentes.

En numerosas otras ordenanzas municipales se señalan explícitamente los límites permisibles, lo cual permitiría una evaluación objetiva. Sin embargo, dichos límites corresponden a una réplica del derogado D.S. N° 146/1997 del MINSEGPRES, y son aplicados a fuentes fijas, por lo que carecen de vigencia y no pueden ser fiscalizados a nivel comunal.

Considerando que en el país existen 346 comunas, no parece razonable esperar que cada una de ellas genere una ordenanza que regule sus respectivas fuentes de ruido, en forma independiente. Más razonable parece ser que todas las fuentes que son excluidas por el D.S. N° 38/2011 del MMA y, por lo tanto, no son cubiertas por la SMA, sean materia de regulación común en lo principal y singular en lo específico, fiscalizables a través de procedimientos comunes y estandarizados. Para este efecto, existen innumerables ejemplos en otros países y extensa experiencia en nuestro país para definir métodos viables y efectivos.

Respecto de la función de la SMA se puede destacar que en el año 2014 recibió más de 1.700 denuncias, de las cuales el 36% (más de 600 denuncias) correspondieron a ruido. Sin embargo, en años anteriores la cifra de denuncias sólo en la RM superó las 1.500 denuncias, lo que muestra que el actual mecanismo de recoger las inquietudes de la población es insuficiente, dado que los problemas de ruido no han disminuido. Por lo tanto, se percibe como una necesidad urgente la canalización de los conflictos de ruido a través de una OIRS u otros mecanismos.

7. CONCLUSIONES

Se analizan los resultados más relevantes y se resumen las conclusiones obtenidas a lo largo del estudio, señalando expresamente las circunstancias en que se exceden los diversos criterios de aceptabilidad, donde se perciben conflictos por los usuarios y cuál es la extensión de los niveles de ruido que afectan negativamente a la comunidad de Coronel.

Conclusiones generales

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede concluir que el actual sistema regulatorio es incapaz de garantizar una baja exposición al ruido, compatible con el bienestar mínimo. La segregación de usos de suelo permitidos y sus respectivos límites horarios cumple su objetivo en zonas exclusivamente residenciales o en zonas donde se excluye el uso residencial. Sin embargo, en zonas de usos mixtos se observan los mayores conflictos y mayor insatisfacción de los residentes. Se observa también una mayor incidencia de las vías de transporte terrestre y ferroviario al cruzar áreas densamente pobladas.

Es indispensable, lo cual está demostrado en muchas ciudades, que se establezcan, además, condiciones mínimas de aislamiento acústico en las fachadas y cubiertas expuestas al ruido. La protección de los residentes sólo puede lograrse mediante el mejoramiento de las envolventes de las edificaciones en aquellas zonas o vías donde los niveles de ruido exceden 65 dBA causado principalmente por tránsito terrestre, cuyas emisiones difícilmente podrían reducirse.

En particular, la constatación que el 25,5% de las escuelas afectadas (sobre 65 dBA en su fachada más expuesta), y que un 14% de la población afectada en su vivienda (sobre 55 dBA nocturno) es una alerta de que la salud de las personas está siendo afectada significativamente. La respuesta expresada por los vecinos es concordante con estos porcentajes.

Las causas específicas del ruido en esta comuna se concentran en grandes fuentes asociadas a la actividad portuaria, energética, maderera y fuentes asociadas a las principales vías de transporte, de carretera y ferroviario. Las primeras (actividades portuarias, energéticas, madereras) muestran que las restricciones de los instrumentos de planificación territorial no logran evitar conflictos o excesos, aun cuando se trate de proyectos sometidos al SEIA.

En cuanto a las fuentes de ruido de transporte terrestre, su efecto en áreas habitadas colindantes a las vías donde circulan vehículos, no puede controlarse sólo por la regulación de los vehículos y sus condiciones de tráfico. Esta situación se presenta reiteradamente a lo largo de la Ruta 160, donde los flujos vehiculares intensos no permiten asegurar niveles aceptables en fachadas de viviendas, especialmente aquellas viviendas de más de 1 piso.

En cuanto a emisiones de actividades productivas, los talleres de participación ciudadana identificaron y caracterizaron 65 fuentes de emisión de ruido en los 8 mapas participativos confeccionados. Las fuentes mayormente mencionadas fueron la Chipeadora identificada en los 8 mapas, seguida de las termoeléctricas Endesa y Colbún en 7 mapas y del Puerto de Coronel en 6 mapas.

De dichas fuentes de ruido identificadas, 37 de ellas fueron priorizadas por las personas participantes en los talleres, siendo las fuentes que tuvieron más menciones el Puerto de Coronel con 20 menciones, la Ruta 160 con 19 menciones, las termoeléctricas, en general, con 12 menciones, la termoeléctrica Bocamina de Endesa con 8 menciones y la termoeléctrica de Colbún con 7 menciones. Respecto a los efectos en la vida de las personas que tienen las fuentes de emisión priorizadas individualmente, los participantes identifican que los afecta principalmente en el sueño, en efectos sicológicos, a la salud en general y en su vida cotidiana.

La priorización de las fuentes de manera grupal, identificó con prioridad N°1 al Puerto de Coronel con 3 grupos que la mencionaron, las pesqueras con 2 menciones, la Termoeléctrica de Endesa, la Cementera Polpaico, la Línea de Ferrocarril y la Ruta 160 con una mención por cada fuente. Con prioridad N°2 se identificaron 9 fuentes, de las cuales la Chipeadora fue mencionada en 2 grupos y el resto de las fuentes fue indicado por 1 grupo entre las que se encuentra el Puerto de Coronel, la Termoeléctrica de Endesa, las Pesqueras, la Termoeléctrica de Colbún, la Ruta a la Canteras, el sector Puchoco y el Centro Comercial. Respecto a la prioridad N°3 se identificaron la Termoeléctrica Endesa, la Termoeléctrica Colbún, la Ruta 160 y el tráfico de buses y vehículos particulares.

A modo general, el mayor aporte de ruido en el área modelada es generada a partir del tráfico vehicular, sea este visto como vehicular industrial o en su conjunto (todo tipo de vehículos), afectando principalmente a las personas que habitan o realizan sus actividades cotidianas en las cercanías a los ejes viales de mayor importancia, vale decir la Ruta 160, avenida Juan Antonio Ríos o Manuel Montt, Pedro Aguirre Cerda, Sotomayor, por nombrar algunas, pero en general vías clasificadas como troncales y colectoras. Se confirma como es sabido que el ruido originado en las calles de una ciudad determina los niveles de exposición de las personas que habitan una comuna.

Los monitoreos de ruido continuos donde se caracteriza la variabilidad de los niveles de ruido en diferentes horarios y días de la semana, arroja, en el caso del sector parque industrial Coronel niveles de ruido en torno a 60 dBA, bajando a niveles a 55 dBA en horario nocturno. Sin embargo, es posible detectar aumentos de nivel por cortos períodos de tiempo cercanos a 80 dBA. En la vía de acceso al sector Schwager el perfil sigue un patrón muy estable, con niveles diurnos en torno a 65 dBA y disminuciones de aproximadamente 10 dBA durante la noche. Estos niveles corresponden fundamentalmente al tráfico de camiones desde y hacia las plantas astilladoras ubicadas en el sector. En las cercanías de la central Bocamina se observaron niveles en torno a los 55 dBA, pero aparecen también en este caso aumento de nivel de hasta 70 dBA, se observa que en general estos niveles más altos no ocurren en horario nocturno. En el monitoreo semanal cerca de la correa transportadora hacia Cabo Froward, se observa con mucha estabilidad un nivel en torno a los 65 dBA. En el caso del puerto una estación de monitoreo al interior del recinto, permitió establecer un patrón muy irregular de variación de niveles, oscilando entre 60 y 80 dBA, con variaciones dependientes del tipo e intensidad de actividad realizada al interior del puerto en el período de medición.

El perfil semanal para el caso de la autopista (Ruta 160) se obtiene un comportamiento más regular con niveles diurnos que oscilan entre 60 y 70 dBA y niveles nocturnos entre 50 y 55 dBA. Finalmente, se incluye el resultado obtenido para la estación de monitoreo ubicada en las cercanías de la Astilladora Forestal Coala emplazada en terrenos de Puerto de Coronel, específicamente en el sector del fundo El Manco. En este caso es posible observar con claridad una disminución de los niveles el día domingo donde los niveles se mantienen aproximadamente entre los 45 y 50 dBA debido a la detención de los procesos de la astilladora.

Durante el período diurno, la contaminación acústica es producida tanto por el tráfico vehicular industrial como también por el tráfico vehicular de los habitantes en general, creando una matriz acústica a lo largo de todos los ejes viales del Coronel urbano. Sin embargo, durante el período nocturno el mayor aporte lo realiza el tráfico industrial, el cual se desplaza a través de la Ruta 160 de forma casi exclusiva, utilizando los ejes de Juan Antonio Ríos-Arenas Blancas-Pedro Aguirre Cerda-Costanera por el norte o Bannen-Costanera por el sur para acceder a sus destinos.

Respecto de la superficie expuesta producto del tráfico vehicular respecto del Reglamento de la Confederación suiza, en el período diurno cerca del 5% de la superficie modelada se encuentra superando el estándar. Para el periodo nocturno aumenta al 15% la superficie modelada que supera el estándar definido de acuerdo a la zona. Esta superación del estándar definido para la zona II (presenta mayor superficie sobre Norma) se concentra en sectores aledaños a la Ruta 160, debido a una importante cantidad de tráfico de vehículos pesados (camiones) por ella.

Respecto de la superficie expuesta producto del tráfico de trenes respecto del Reglamento de la Confederación suiza, en el período diurno cerca del 99% de la superficie modelada se encuentra cumpliendo con el límite definido para cada zona, mientras que el otro 1% aprox. está superando el estándar. Para el periodo nocturno cerca del 9% de la superficie modelada supera el estándar definido de acuerdo a la zona. Dentro de este destaca una vez más la zona II, la cual posee un porcentaje del 12,97% de su superficie sobre el valor límite.

Con respecto a los mapas de ruido globales para el periodo diurno, la mayor parte de la superficie se encuentra expuesta a valores desde los 45 a 60 dBA, equivalente a un 69% mientras que para el periodo nocturno, de la superficie total estudiada, los intervalos entre 45-50 y 50-55 dBA concentran una superficie expuesta correspondiente a 13,18 km2 y 12,51 km2 respectivamente, lo que en términos porcentuales equivale a un 26% y 24%.

En resumen, para el periodo diurno una superficie de 45,20 km^2 se encuentra en conformidad con el criterio de la OCDE (Nivel exterior día>65 dBA) equivalente a un 89,60% de la superficie total, mientras que un 10,40% se encuentra superando el criterio de aceptabilidad, correspondiente a 5,25 km^2. Si se compara este último porcentaje de superficie expuesta sobre el criterio de aceptabilidad para este periodo (diurno) con otras ciudades de Chile que cuentan con Mapas de Ruido, Coronel posee un leve porcentaje mayor respecto de Valdivia y Coquimbo/La Serena, para las cuales se obtuvo un 9,5% y 8,9% de superficie de inaceptabilidad en este periodo horario. Si se compara con el porcentaje del Gran Santiago, 17,35% de superficie expuesta sobre el criterio de aceptabilidad para este periodo, Coronel se encuentra por debajo de este porcentaje.

Para el periodo nocturno, la superficie expuesta sobre el criterio de aceptabilidad (Nivel exterior noche>55 dBA) aumenta a un 13,84 km^2 equivalente a un 27,44% de la superficie total urbana de la comuna de Coronel. Si se compara este último porcentaje de superficie expuesta sobre el criterio de aceptabilidad para este periodo (nocturno) con otras ciudades de Chile que cuentan con Mapas de Ruido, Coronel casi cuadriplica ese porcentaje respecto de Valdivia, esta última con un 5,9% de superficie expuesta sobre el criterio de aceptabilidad para este periodo, mientras que duplica al porcentaje de la conurbación Coquimbo/La Serena, cuyo porcentaje de superficie expuesta sobre el criterio OCDE para el periodo nocturno fue de 14.9%, lo que vuelve a ratificar que la salud de las personas está siendo afectada significativamente.

Es relevante el hecho que el distrito de Escuadrón es el que mayor cantidad de población aporta al área urbana de Coronel equivalente a 51.173 habitantes. Este solo distrito concentra más del 40% de los habitantes, por ende, aporta la mayor cantidad de población sometida a niveles de ruido entre los 50 dBA a 55 dBA, haciendo de estos intervalos los de mayor representación del área estudiada. En general, la mayor cantidad de personas (37.033) potencialmente expuestas se concentran en los intervalos comprendidos entre 55-60 dBA seguido del intervalo 50-55 dBA con 36.448 habitantes correspondientes al 34,4% y 33,9% del total, lo que sumado corresponde a más del 60% de la población urbana de la comuna. En resumen, para el periodo diurno, una cantidad de 102.801 habitantes se encuentra potencialmente expuesta bajo el criterio de aceptabilidad indicado por la OCDE (>65 dBA) y 4.724 habitantes se encuentra superando dicho criterio, correspondiente a un 95,61% y un 4,39% de la población total respectivamente. Para el periodo nocturno esta cantidad de habitantes se ve incrementada alcanzando una cantidad de 15.744 habitantes sobre el criterio de aceptabilidad definido por la OCDE equivalente a un 14,64% de la población urbana total de Coronel.

Sin duda, los distritos en donde se tienen pruebas de mayor complejidad acústica, gracias a las denuncias de los habitantes y los mapas de ruido elaborados, son Municipalidad y Schwager, ambos colindantes de la zona del Puerto de Coronel y al sector en donde se encuentran emplazados proyectos como la central termoeléctrica Bocamina y pesquera Bahía Coronel (Caleta Lo Rojas) y astilladoras en el sector de Puchoco.
Otro aspecto relevante es el nivel de ruido en zonas donde se ubican establecimientos educacionales. De acuerdo a los resultados de las modelaciones acústicas, aproximadamente un 25,5% de los establecimientos educacionales se encuentran en zonas sobre los 65 dBA durante el día. Como referencia, para el caso de viviendas, la Norma chilena NCh 352 recomienda un aislamiento de 30 dBA y 35 dBA mínimo para los tramos

de 65 a 70 dBA y 70 a 75 dBA de ruido exterior diurno [INN 2000]. Cabe mencionar que esta normativa es aplicable a viviendas y sólo sirve de referencia, por lo tanto, en el caso de estos establecimientos sensibles (dedicados a la educación), los valores de aislamiento acústico deben ser aún mayores. Debido al alto porcentaje de establecimientos educacionales potencialmente expuestos a niveles exteriores sobre los 65 dBA, se realizó una evaluación sobre cuatro establecimientos educaciones para la comuna de Coronel, mostrando deficiencias en el diseño y construcción de varios de los puntos de importancia que determinan las características acústicas de este tipo de recintos. Al comparar con estándares de diseño como la Norma ANSI S12-60 [ANSI 2002], se observan deficiencias en el aislamiento sonoro de fachada, tratamiento acústico interior e inteligibilidad del mensaje hablado.

Por último se evalúan medidas de control para reducir la emisión e inmisión sonora hacia los puntos determinados como críticos desde el punto de vista de ruido, tanto para fuentes fijas, como de tráfico rodado. Se presentan medidas a nivel general y conceptual para las fuentes identificadas que presentan incumplimiento de la Norma en la comuna de Coronel, entregando recomendaciones en términos del aislamiento esperado como el índice de reducción sonora Rw para elementos divisorios, pérdidas por inserción requerida para elementos como silenciadores y alturas preliminares para elementos como barreras acústicas.

Además se señalan medidas ingenieriles para tráfico rodado (vehicular y ferroviario) y administrativas. Las barreras acústicas serían poco aplicables y de efectividad limitada. Se propone proteger a los residentes mediante aislamiento de fachadas frente a las vías. En el caso del tráfico ferroviario, se proponen medidas de seguridad para reducir el uso de bocinas, así como el uso de bocinas fijas. Las medidas administrativas apuntan a restringir los flujos nocturnos.

8. PROPUESTA DE ESTUDIOS A PARTIR DE BRECHAS EXISTENTES

Se debe recordar que la salud se define por la OMS como el estado de bienestar físico, mental y social y no meramente la ausencia de enfermedad. La fracción de la población expuesta al ruido no sólo implica un efecto inmediato percibido por las personas, sino también factores de riesgo que no son percibidos hasta desarrollar síntomas clínicos que conducen a enfermedades o incluso la muerte.

Se revela como necesario fortalecer la normativa vigente. En el caso del D.S. N° 38/2011 del MMA se muestra una ambigüedad al definir el tipo de zona, lo cual incide en forma significativa en los niveles permisibles. En el caso de fuente no regulada por el D.S. N° 38/2011 del MMA, las ordenanzas municipales no conducen a una gestión robusta y accesible para los vecinos, sino más bien a disposiciones discrecionales que dejan a juicio del fiscalizador la calificación del cumplimiento. Las actuales técnicas de evaluación permiten fácilmente verificar instrumentalmente los límites que definen las actividades permitidas y prohibidas, por lo que no se justifica el uso de criterios subjetivos en lugar de criterios cuantitativos.
Las capacidades técnicas disponibles en el país son perfectamente suficientes para aplicar métodos avanzados, como los empleados en este estudio, y con una cobertura más amplia. Asimismo, la abundante experiencia internacional permitiría definir con facilidad una métrica y los métodos para aplicarla.
Parece evidente y urgente que en el país exista una política de ruido que aborde las actuales brechas Normativas, en particular aquellas disposiciones que aún no existen o se ignoran en Chile:

- Una Norma de calidad acústica para establecer la relación dosis-respuesta de aquellas personas expuestas al ruido
- Un método oficialmente reconocido para estimar los efectos agregados sobre el bienestar, la salud, el aprendizaje y la productividad
- Una Norma de calidad acústica de viviendas y otras edificaciones sensibles al ruido
- Una base de datos epidemiológicos que represente los factores de riesgo de las personas expuestas

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se propone a continuación estudios necesarios para cubrir las brechas existentes.

8.1 Elaboración de una Norma de calidad acústica

El contaminante ruido se caracteriza porque sus efectos sobre la salud de las personas son variables para diferentes individuos y diferentes comunidades, por lo que los umbrales de riesgo debieran establecerse para cada población en función de su sensibilidad. En Chile no se cuenta con una definición de dichos umbrales, por lo que es necesario recurrir a normas de referencia extranjeras, cuya validez en la población nacional no ha sido verificada. Por lo tanto, se requiere contar con una Norma primaria de calidad para los contaminantes ruido y vibración. Resulta esencial que una Norma de calidad especifique la "función de daño", es decir la relación entre los niveles de los contaminantes y el riesgo de efectos adversos sobre la salud de las personas.

Para el caso del contaminante ruido, tanto el presente estudio como otros estudios han determinado cuantitativamente las fracciones de población expuestas a diferentes niveles, así como la distribución geográfica y horaria de dicha exposición. Sin embargo, para determinar el probable impacto de dicha exposición, es necesario, además, cuantificar la respuesta subjetiva de la población expuesta, lo cual en la actualidad se realiza con datos extranjeros cuya validez no ha sido verificada en el país. Esta carencia es una brecha que debe abordarse a través de una Norma de Calidad Acústica que relacione los niveles de ruido con la respuesta de la población.

La forma de cuantificar la respuesta ante el ruido puede ser a través de escalas subjetivas que miden la percepción manifestada por las propias personas o mediante indicadores objetivos, tales como consumo de medicamentos, ausentismo, tasas de morbilidad, entre otras.

Esta función se expresa habitualmente mediante una curva que relaciona un indicador del nivel físico del contaminante con la fracción de personas expuestas que manifiesta percibir el efecto negativo. De esta manera, los datos de nivel de ruido pueden convertirse a indicadores de impacto, expresados en número de personas que son afectadas.

A modo de ejemplo, se muestran curvas que relacionan el indicador físico Lden (Nivel Día-Tarde-Noche) con el porcentaje de personas que se manifiestan "molestas" por el ruido de diferentes medios de transporte, según la Agencia Europea de Medio Ambiente [EEA 2010]. Las curvas punteadas corresponden al intervalo de confianza de 95%. Se observa que los impactos de diferentes fuentes son diferentes para los mismos niveles de ruido.

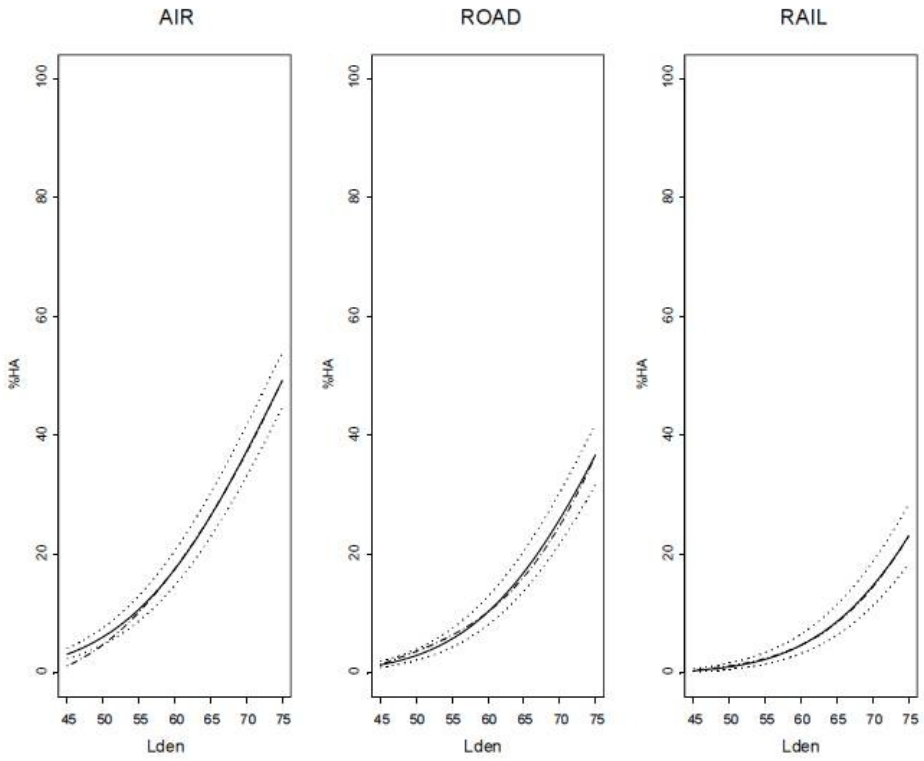


Figura 115: Curvas que relacionan el indicador físico Lden (Nivel Día-Tarde-Noche) con el porcentaje de personas que se manifiestan "molestas" por el ruido de diferentes medios de transporte. Fuente: European Environment Agency

Otro ejemplo para diferentes fuentes de ruido define los porcentajes de personas "altamente molestas" según la Agencia Europea de Medio Ambiente (European Environment Agency) [EEA 2010].

Tabla 63: Población altamente molesta según fuente, para rangos bajos de nivel de ruido [EEA 2010]

Percentages of highly annoyed					
L_{den}	Road	Rail	Aircraft (revised estimate)	Industry	Windturbine
55 dB	6 %	4 %	27 %	5 %	26 %
50 dB	4 %	2 %	18 %	3 %	13 %
45 dB	1 %	0 %	12 %	1 %	6 %

Fuente: European Environment Agency

La relevancia de contar con esta información en el país, con datos locales, radica en las grandes diferencias que existen en la relación dosis-respuesta entre los diferentes países, como se muestra en la figura publicada en Noise & Health, vol 14, p. 52, 2012.

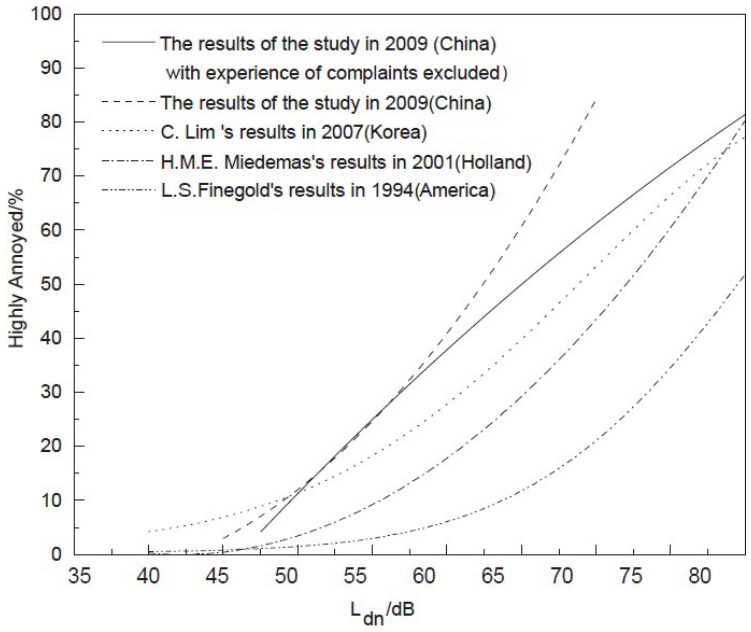


Figura 116: Curvas con relación dosis-respuesta entre los diferentes países. Fuente: Noise & Health, vol 14, p. 52, 2012.

Si se dispusiera de curvas dosis-respuesta para la población chilena, sería posible establecer, como lo indica el D.S. N° 40/2013 del MMA, Reglamento del SEIA, para ciertas fuentes, un umbral para el nivel de ruido a partir del cual se esperan efectos adversos y los niveles de ruido que se consideran para declarar una situación de emergencia, para todo tipo de fuentes.

La EAA recomienda considerar los siguientes umbrales para los indicadores respectivos, a partir de los cuales se pueden esperar efectos adversos.

Tabla 64: Valores umbrales recomendados según efectos en la salud de las personas [EEA 2010]

Effect	Dimension	Acoustic indicator *	Threshold **	Time domain
Annoyance disturbance	Psychosocial, quality of life	L_{den}	42	Chronic
Self-reported sleep disturbance	Quality of life, somatic health	L_{night}	42	Chronic
Learning, memory	Performance	L_{eq}	50	Acute, chronic
Stress hormones	Stress Indicator	L_{max} L_{eq}	NA	Acute, chronic
Sleep (polysomnographic)	Arousal, motility, sleep quality	$L_{max, indoors}$	32	Acute chronic
Reported awakening	Sleep	$SEL_{indoors}$	53	Acute
Reported health	Wellbeing clinical health	L_{den}	50	Chronic
Hypertension	Physiology somatic health	L_{den}	50	Chronic
Ischaemic heart diseases	Clinical health	L_{den}	60	Chronic

Fuente: European Environment Agency

Los alcances de estudios sobre la relación dosis-respuesta de ruido deberían cubrir los siguientes efectos adversos:

- Molestia
- Alteración del sueño
- Aprendizaje
- Stress
- Hipertensión
- Cardiopatías coronarias

8.2 Método de evaluación de impactos del ruido ambiental

Actualmente no se dispone de un método oficial para evaluar los impactos positivos o negativos de acciones que generen cambios en los niveles de ruido o cambios en la cantidad de personas u horas de exposición al ruido. Con el objeto de evaluar el impacto económico y social del ruido, es necesario contar con un método oficialmente reconocido para estimar los efectos agregados sobre el bienestar, la salud, el aprendizaje y la productividad.

Un posible método es el utilizado en Europa y recomendado por la OMS, en base al indicador DALY (Disability Adjusted Life Years) o AVAD (Años de Vida Ajustados por Discapacidad), que mide la carga de una enfermedad (burden of disease) en una población dada, imputable a un cierto agente o contaminante.

El concepto de DALY se basa en la evidencia que el ruido (entre otros agentes) puede causar cierto grado de discapacidad a cierta edad y muerte prematura. Por lo tanto, este indicador reúne el conjunto de indicadores de morbilidad, de mortalidad y de esperanza de vida, que a su vez reflejan la reducción de cantidad y calidad de vida causada por una enfermedad o trastorno en particular [WHO 2011].

El valor en DALYs se define como la suma de años de potencial vida saludable perdidos debido a mortalidad prematura y los años de vida saludable perdidos por discapacidad. Es decir, 1 DALY equivale a la pérdida de 1 año de vida plena o a la pérdida de n años con capacidad disminuida en un factor, que no puede disfrutarse plenamente. El número de DALYs para cierta enfermedad o trastorno se calcula por la relación:

$$DALY = AB * D * S$$

en que:

AB (Carga atribuible) = AR (Riesgo atribuible) * P (Prevalencia) * F (Fracción expuesta),
D = Duración del estado alterado de salud
S = Severidad, que refleja la reducción de capacidad debido a la enfermedad, medido como un factor de ponderación (DW, disability weight) desde 0=saludable hasta 1=muerte

La carga atribuible es el número de personas que desarrolla la enfermedad o trastorno como resultado de la exposición al agente. Los valores de severidad se estiman por juicios expertos de especialistas y están en el rango 0,01 a 0,12 para molestia y 0,04 a 0,10 para alteración del sueño.

Estos factores son los que deben determinarse mediante estudios locales y asignarle valores para estimar los efectos sobre el bienestar, la salud, el aprendizaje y la productividad. Dado que el indicador AVAD es independiente de la causa física que genera el efecto adverso, es útil para evaluar impactos concurrentes, lo que es frecuente encontrar en comunidades altamente expuestas como la de Coronel.

Disponiendo de estos factores, sería posible realizar estudios de valoración epidemiológica y económica que sean necesarios para aplicar planes de descontaminación o medidas de mitigación.

8.3 Norma de calidad acústica de viviendas

En la actualidad no existen requerimientos obligatorios de calidad acústica para las edificaciones de uso habitacional respecto de la protección que brinda al habitante ante el ruido exterior, ya sea a través de fachadas o de la cubierta. Existe la Norma Nch352.Of2000 que señala los diferentes índices de aislamiento acústico requeridos por los elementos constructivos y las instalaciones en edificios habitacionales. Sin embargo, dichos estándares voluntarios no han sido aplicados por cuanto no han sido exigidos en las instancias preventivas, tales como proyecto, contrato, otorgamiento de permisos, financiamiento u otras previas a la ocupación de las viviendas.

La evidencia de niveles elevados sobre fachadas hace que sea inexplicable la ausencia completa de regulación en los estándares mínimos de aislamiento acústico de elementos de fachada en el país (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones), a diferencia del resto de los países OCDE. Por otra parte, existen estudios que establecen la factibilidad administrativa, técnica y económica de aplicar un estándar mínimo de calidad acústica en las edificaciones habitacionales, en especial las ventanas. En particular, la División Técnica del MINVU condujo durante 2013 y 2014 los estudios técnicos y económicos bajo la forma de una propuesta de actualización de la Reglamentación Acústica, que detalla los criterios y exigencias que deben cumplir las edificaciones para proteger al usuario y evitar que el ruido interfiera sus actividades cotidianas, así como los mecanismos para acreditar el cumplimiento de dichas exigencias.

Por lo tanto, la brecha que se requiere superar no es de carácter técnico sino administrativa, debiendo definirse el mecanismo para incentivar o exigir la aplicación de estándares mínimos o superiores en aquellas viviendas que presenten riesgo de exposición a altos niveles de ruido. Para este efecto ya se cuenta con información de Mapas de Ruido en diversas ciudades del país que permiten simular los niveles de ruido esperados en las vías con flujos vehiculares actuales o futuros.

A su vez, la Reglamentación Acústica debe complementarse con disposiciones en los Instrumentos de Planificación Territorial para incluir el ruido como variable de decisión, con el objeto de permitir la coexistencia de actividades urbanas diversas en zonas de uso de suelo mixto.

En resumen, se estima necesario que tanto los IPT como la OGUC incluyan nuevas disposiciones preventivas que reduzcan la incidencia de impactos derivados del incremento de niveles de ruido por mayores actividades productivas, mayores flujos vehiculares y mayores densidades poblacionales que son inherentes al desarrollo.

8.4 Base de datos epidemiológicos relacionados al ruido

En el ámbito ocupacional, la vigilancia epidemiológica del ruido es una herramienta fundamental para prevenir la hipoacusia inducida por altos niveles de ruido, sobre 85 dBA. Sin embargo, en otros ámbitos con presencia de ruido, son escasos los programas de vigilancia orientados a medir sistemáticamente los efectos de niveles de ruido en el rango de 65 a 85 dBA, cada vez más frecuentes en ambientes urbanos laborales, educacionales, habitacionales y recreacionales.

Esta brecha de información sobre los efectos no auditivos del ruido debiera abordarse en forma continua y con métodos y parámetros estándar, de modo que se facilite su posterior análisis estadístico y cruce de datos.

En el ámbito laboral, los efectos del ruido de mayor interés en dicho rango están asociados a la falta de concentración, fatiga temprana, calidad de las comunicaciones, relaciones laborales y accidentes del trabajo. Todos estos factores inciden en la relación ruido-productividad y su medición sistemática tiene beneficios importantes para la actividad productiva, pero requiere un método riguroso para discriminar los numerosos factores que inciden sobre la productividad.

En el ámbito educacional, es conocido el impacto negativo del ruido sobre el aprendizaje, afectando la atención, comprensión y el tiempo perdido en los estudiantes, así como el estrés y la disfonía en los docentes, por lo que se requieren indicadores de dichos efectos.

En el ámbito habitacional, el principal impacto del ruido son los trastornos del sueño y, en menor medida, irritabilidad, cefaleas, ansiedad. Además de datos sobre la morbilidad respectiva, son de interés los indicadores de consumo de medicamentos hipnóticos, ansiolíticos, etc.

Para el monitoreo de estos efectos del ruido se requiere recopilar las bases de datos existentes sobre prevalencia de trastornos de la salud y los estudios específicos que se realicen sobre el tema. El conjunto de información que generan diversos estudios debe sistematizarse con variables e indicadores comunes que permitan su fácil acceso. Idealmente, se debiera contar con un protocolo para que el levantamiento de datos genere información compatible, especialmente cuando provienen de diferentes sectores: salud, medio ambiente, transporte, vivienda, municipios, universidades, ONGs, entre otros.

Un estudio que defina dichos protocolos para levantar y procesar datos podría reducir esta brecha y permitiría utilizar datos de diferente origen. De este modo, la información respecto de niveles de ruido, perfiles horarios, mapas de ruido, distribución estadística y otros datos físicos del entorno acústico puede contrastarse con datos demográficos, fracción expuesta, uso de suelo, valor del suelo, morbilidad, consumo de fármacos, aprendizaje, entre otros. Dicha base de datos serviría de referencia para evaluar económicamente los impactos de las emisiones de ruido y apoyar la correcta toma de decisiones.

9. BIBLIOGRAFÍA

ABSENTIA 2009] ABSENTIA, Tecnología Acústica. (2009). Evaluación del Ruido Ambiental en dos Sectores de la Ciudad de Puerto Montt. Estudio realizado mediante la utilización de software de modelación de ruido en exteriores Cadna/A v3.7 durante enero – julio de 2009.

[Alvarez& Suárez 2008] Alvarez, J.P.; Suárez, E. (2008). Estudio Comparativo de Modelos de Predicción de Ruido de Tráfico Rodado, Utilizando Mediciones en la ciudad de Osorno. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008, Buenos Aires, Argentina. Disponible en Internet en: http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-132.pdf

[Álvarez 2010] Álvarez, J.P. (2010), Estudio comparativo de modelos predictivos del ruido de tráfico rodado a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. Tesis de Pregrado para optar al Título de Ing. Civil Acústico. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile.

[Alvarez et al. 2014] Álvarez, J.P.; Bastián, N. ; Moreno F. (2014). Evaluación de Modelos de Predicción de Ruido de Tránsito Vehicular en Ciudades Pequeñas: Casos Ciudad de Valdivia y Osorno. IX Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2014, Valdivia, Chile.

[Alvarez et al. 2015] Alvarez, J.P.; Bastian, N. ; Suárez E. ; Báez, A. (2015). Elección de un Modelo de Ruido de Tránsito Vehicular para Chile. 46° Congreso Español de Acústica – TecniAcústica 2015, Valencia, España.

[ANSI 2002] American National Standard. Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools. ANSI S12-60:2002. Approved 26 June 2002.

[CONAMA 2010] Comisión Nacional del Medio Ambiente (2010). Elaboración de Mapas de Ruido mediante Software de Modelación, para Caso Piloto (Comunas de Antofagasta y Providencia) (Contrato N° 01-059/09). Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.

[CONAMA 2001] Comisión Nacional del Medio Ambiente (2001). Elaboración de Propuesta de Normativa para la Regulación de la Contaminación Acústica generada por Carreteras y Autopistas (Contrato N°21-22-004/2001). Proyecto Ejecutado por Ambiente Consultores

[CONAMA 1996] Comisión Nacional del Medio Ambiente (1996). Análisis de la Política Nacional del Control de Ruido Ambiental (Proyecto CONAMA/BIRF 07-0003-001). Proyecto Ejecutado por Ambiente Consultores.

[CNOSSOS 2012] CNOSSOS-EU (2012), Common noise assessment methods in Europe, European Commission Joint Research Centre, 2012. Disponible en Internet en http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/26390/1/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report_final_on%20line%20version_10%20august%202012.pdf

[C.E. 2011] Comisión Europea (2011). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo relativo a la aplicación de la Directiva sobre el ruido ambiental de conformidad con el artículo 11 de la Directiva 2002/49/CE

[Datakustic 2009] How to use measurements to define train clases (2009). CadnaA technical Note Page TN305e

[DIN 2002] DIN 18005 Schallschutz im Städtebau (Noise abatement in town planning)

[EEA 2010] EEA (2010). European Environmental Agency. “Good practice guide on noise exposure and potential health effects”. Disponible en Internet en: www.eea.europa.eu/publications/good.../download

[EEA 2014a] EEA (2014). European Environmental Agency. Good practice guide on quiet areas. EAA Technical report, Nº 04/2014 (2014). Disponible en Internet en: http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas/download

[EEA 2014b] EEA (2014). European Environmental Agency. Noise in Europe 2014. EAA Technical report, Nº 10/2014 (2014). Disponible en Internet en: http://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014

[EFE 2002] Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE). Norma de Seguridad de Material Rodante Ferroviario General. NS-01-05-02.

[EFE 2005] Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE). Norma de Seguridad de Material Rodante Ferroviario General. NS-01-05-00, Versión 1. Edición 30/10/2005.

[FRA 2013] Federal Railroad Administration. Guide to the quiet Zone Establishment Process. An Information Guide. Federal Railroad Administration, Highway-Rail Crossing and Trespasser Programs Division. September 2013.

[Hanson et. al. 2006] Harris Miller Miller & Hanson Inc., (2006), "Transit Noise and Vibration Impact Assessment", Federal Transit Administration, Department of Transportation, USA

[IEC 2002] IEC 61672-1, Electroacústica — Sonómetros — Parte 1: Especificaciones (Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications).

[IEC 2003] IEC 60942, Electroacústica — Calibradores (Electroacoustics — Sound calibrators).

[Intendencia RM 1989] Intendencia Región Metropolitana, Santiago de Chile (1989). Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en el Gran Santiago.

[ISO 1996] ISO 9613: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Part 1 (1993): Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere. Part 2 (1996): General Method of Calculation. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.

[ISO 1996a] ISO 9613-2:1996: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors—Part 2: General method of calculation

[ISO 1998] ISO 140-5 (1998-08-15) Acoustic – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field Measurements of airborne sound insulation of façade elements and facades.

[ISO 2005] ISO 15712-4:2005 Building acoustics -- Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements -- Part 4: Transmission of indoor sound to the outside

[ISO 2003-05] International Standard. Sound System Equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. IEC 60268-16. Third edition 2003-05.

[ISO 2007] ISO 1996-2:2007: Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels

[ISO 2010] ISO 3744: Acoustic – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free filed over a reflecting plane

[ISO 2010a] ISO 3746: Acoustic – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane

[ISO 1994] ISO 8297: Acoustic – Determination of sound levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method.

[MMA 2010] Ministerio del Medio Ambiente (2010) Elaboración de Mapa de Ruido Comuna De Santiago Mediante Software de Modelación. Ficha de Licitación Nº 1588-67-LE10. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.

[MMA 2011] Ministerio del Medio Ambiente (2011) Elaboración de Mapa de Ruido del Gran Santiago Mediante Software de Modelación. FICHA DE LICITACIÓN Nº 608897-12-LE11. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.

[MMA 2012a] Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente - Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica.

[MMA 2012b] Ministerio del Medio Ambiente (2012) Elaboración de una Guía Metodológica de Evaluación de Ruido y Vibraciones en el SEIA. FICHA DE LICITACIÓN Nº 1588-15-LE12.Proyecto Ejecutado por la empresa Ambiente Consultores Ltda.

[MMA 2015] Ministerio del Medio Ambiente (2013-2015) Elaboración y Análisis de Mapas de Ruido de Tres Conurbaciones Mediante Software de Modelación. FICHA DE LICITACIÓN Nº 608897-50-LP13. Proyecto Ejecutado por el Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile.

[MMA 2015] Artículo sobre el estado del PLAS. Disponible em internet em www.mma.cl: http://portal.mma.gob.cl/seremi-del-medio-ambiente-culmina-socializacion-de-plan-de-restauracion-ambiental-para-coronel/

[MTT 2008] Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Subsecretaria de Transportes. Análisis de la Seguridad en el Transporte Ferroviario, Informe Final, Julio 2008. Libro Ingenieros Consultores.

[NCh 1999] NCh 2502/1 (1999) Acústica – Descripción y medición del ruido ambiental – Parte 1: Magnitudes básicas y procedimentos.

[OCDE 1991] Organization for Economic Cooperation and Development (1991). Faiting Noise 1990S. París, Francia

[OLCA 2015] Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Disponible en Internet en www.olca.cl: http://olca.cl/articulo/nota.php?id=105244

[OPB 1986] Reglamento de la Confederación Suiza 814,41 OPB, (1986), “Sobre la Protección contra el Ruido”.

[Parlam. Europeo 2002] Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.

[RMR96/SRMII, 1996] RMR96/SRMII (1996). Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai ‘96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996. The Netherlands.

[Rey G. et al, 2009] Rey, G.; Barrigón J., Gómez V., Carmona J., Vilchez-Gómez R., Méndez J., (2009). El Método de Categorización Aplicado al Estudio de Ruido de una Ciudad Extremeña de Pequeño Tamaño. Tecniacústica 2009. Cádiz, España. Disponible en Internet en: http://www.sea-acustica.es/Cadiz09/RDO%20023.pdf

[SCHALL 2006] Schall 03 (2006) Richtlinie zur Berechnung der Schmallimmissionen von Eisbahnen und Stabenbahn

[SILENCE 2009] SILENCE (2009) *Manual del Profesional para la Elaboración de Planes de Acción contra el Ruido en el Ámbito Local*. Disponible en Internet en

http://www.silenceip.org/site/fileadmin/SP_J/E-learning/Planners/SILENCE_Handbook_ES_-_LR.pdf

[TA Lärm 1998] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) 1998

[UNE 2001] UNE EN 12354-4 Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir delas características de sus elementos. Parte 4: Transmisión del ruido exterior al interior

[VBUI 2006] VBUI (2006). Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm durch Industrie und Gewerbe (VBUI) (preliminary calculation method for environmental noise caused by industrial and commercial plants), published in Federal German Gazette No. 154 of 17th August 2006

[VBUS 2006] VBUS (2006). Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen (VBUS) (preliminary calculation method for environmental noise at roads), published in Federal German Gazette No. 154 of 17th August 2006.

[VBUSch 2006] VBUSch (2006). Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Schienenwegen (VBUSch) (preliminary calculation method for environmental noise at railways), published in Federal German Gazette No. 154 of 17th August 2006.

[VDI 1976] VDI 2571Schallabstrahlung von Industriebauten (Sound Radiation From Industrial Buildings)

[WG-AEN 2007] WG-AEN (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise) (2007). Good Practice Guide, for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated data on Noise Exposure, Position Paper, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), version 2, August 2007

[WG-AEN 2008] WG-AEN (2008), Presenting Noise Mapping Information to the Public, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), March 2008

[WHO 199] World Health Organization (WHO) (1999). *Guidelines for Comunity Noise*. Geneva, Switzerland.

[WHO 2011] World Health Organization. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe, 2011. Página web: www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/burden-of-disease-fromenvironmental-noise.-quantification-of-healthy-life-years-lost-in-europe