

000319



INFORME FINAL

"AUDITORÍA Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS
MEDIDAS DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
POR MP2,5 Y MP10 PARA LA COMUNA DE VALDIVIA"

Informe elaborado para:
SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE LOS RÍOS
Temuco, enero de 2023

AUDITORÍA Y EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DEL PLAN DE
DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MP2,5 Y MP10 PARA LA COMUNA DE VALDIVIA.

Comuna de Valdivia, Provincia de Valdivia, Región de Los Ríos

© **SICAM Ingeniería**

Estudios Técnicos en Medio Ambiente

Casa matriz: Prieto Sur 965, Temuco, Chile.

Teléfono (045) 2 668119

Página web: www.sicam.cl

Enero 2023

Elaboración de Informe:

Jasmine Bastidas M.

Ingeniero Ambiental
Elaboración de Informe

Cristian Varela B.

Ingeniero Ambiental
Elaboración de Informe

Sergio Dávila R.

Ingeniero Ambiental
Revisión y aprobación de informe

Versión del informe

Informe Final – Versión corregida



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	ANTECEDENTES.....	10
1.1	ALCANCES DEL INFORME.....	10
2	OBJETIVOS Y ACTIVIDADES SEGÚN BASES DE LA LICITACIÓN.....	11
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2.3	ACTIVIDADES SEGÚN OBJETIVO.....	12
2.4	RESULTADOS ESPERADOS.....	14
3	ÁREA DE ESTUDIO.....	15
4	DESARROLLO METODOLÓGICO GENERAL.....	16
5	OBJETIVO A). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE, APLICACIÓN DE MEDIDAS Y EFECTO EN REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	17
5.1	ACTIVIDAD 1). REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	18
5.2	ACTIVIDAD 2). REUNIONES CON ACTORES PÚBLICOS.....	22
5.3	ACTIVIDAD 3). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	34
5.3.1	VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE.....	34
5.3.2	ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES – MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	51
5.3.2.1	Sector Residencial.....	52
5.3.2.2	Sector Transporte.....	61
5.3.2.3	Sector Fuentes Puntuales.....	63
5.3.3	ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES – MEDIDAS DE EDUCACIÓN Y COMPLEMENTARIAS.....	63
5.3.3.1	Medidas Educación Ambiental.....	63
5.3.3.2	Medidas Asociadas a la Gestión de Episodios Críticos (GEC).....	65
5.4	ACTIVIDAD 4). ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN.....	71
5.5	ACTIVIDAD 5). EVALUACIÓN DE RECURSOS ASIGNADOS AL PDA.....	76
5.6	ACTIVIDAD 6). EVALUACIÓN DE MEDIDAS PRESCINDIBLES.....	85
6	OBJETIVO B). ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES.....	97
6.1	ACTIVIDAD 1). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	97
6.1.1	ESTACIONES DE MONITOREO.....	97
6.1.2	NORMAS PRIMARIAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	100
6.1.3	RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE.....	100

6.1.3.1	Material particulado respirable MP10.....	100
6.1.3.2	Material particulado fino respirable MP2.5.....	101
6.1.4	ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y DE CALIDAD DEL AIRE.....	102
6.1.4.1	Series de tiempo anual.....	102
6.1.4.1	Rosas de Los Vientos Estacionales.....	105
6.1.4.2	Perfiles Temporales de Variable Meteorológicas Seleccionadas.....	107
6.1.4.3	Correlación entre variables meteorológicas y material particulado.....	110
6.1.5	Análisis de emisiones respecto a las concentraciones de material particulado.....	113
6.2	ACTIVIDAD 2). ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO.....	114
6.2.1	CUMPLIMIENTO NORMATIVO PERIODO 2015-2021.....	114
6.2.1.1	Evaluación Norma Diaria.....	114
6.2.1.2	Evaluación Norma Anual.....	116
6.2.1.3	Episodios de Contaminación.....	119
6.2.2	ANÁLISIS INDICADORES DEL PDA.....	121
6.3	ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES.....	126
6.4	ACTIVIDAD 4). ESTIMACIÓN DEL APORTE DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	129
6.5	ACTIVIDAD 5). DETERMINACIÓN DE NUEVAS METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.....	130
6.5.1	MODELACIÓN ESCENARIOS 2027.....	131
6.5.2	MODELACIÓN ESCENARIOS 2030.....	136
7	OBJETIVO C). PROPUESTA DE LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	140
7.1	ACTIVIDAD 1). DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE ACTUALIZACIÓN DEL PDA.....	142
7.2	ACTIVIDAD 2). DETERMINACIÓN LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS.....	143
7.3	ACTIVIDAD 3). PRIORIZAR LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS.....	151
7.4	ACTIVIDAD 5). IDENTIFICAR PUNTOS CRÍTICOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PDA.....	154
7.4.1	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RIESGOS.....	154
7.4.2	Matrices de riesgo.....	157
7.5	ACTIVIDAD 4). ESTRATEGIAS A LARGO PLAZO.....	163
8	CONCLUSIONES.....	165
9	BIBLIOGRAFÍA.....	171
10	ANEXOS DIGITALES.....	172
10.1	ANEXO 1. BASE DE DATOS ESTADO IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA.....	172



10.2	ANEXO 2. MONITOREO RESULTADOS_MP2,5.....	172
10.3	ANEXO 3. MONITOREO RESULTADOS_MP10.....	172
10.4	ANEXO 4. FICHAS SERVICIOS.....	172



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Área de Estudio.....	15
Figura 2. Diagrama de flujo metodológico.....	16
Figura 3. Distribución de medidas según sector regulado.....	34
Figura 4. Distribución de medidas según sector regulado.....	37
Figura 5. Comparación Inventarios Fuentes Puntuales (2013-2021) Valdivia.....	63
Figura 6. Zonas de restricción en periodo GEC – PDA Valdivia.....	66
Figura 7. Reducción de emisiones por GEC.....	71
Figura 8. Preguntas asociadas a percepción ciudadana.....	71
Figura 9. Menciones asociadas a conceptos PDA Valdivia.....	74
Figura 10. Menciones asociadas a acciones que contribuyen a mejorar la calidad del aire.....	76
Figura 11. Recursos ejecutados v/s recursos proyectados según Programa.....	85
Figura 12. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo.....	99
Figura 13. Series de tiempo horaria variables meteorológicas y material particulado (2015-2021). ..	104
Figura 14. Rosas de los vientos estacionales. Estación Valdivia Años 2015-2021.....	107
Figura 15. Perfil temporal temperatura. Estación Valdivia Años 2016-2021.....	108
Figura 16. Perfil temporal dirección del viento. Estación Valdivia Años 2016-2021.....	109
Figura 17. Perfil temporal velocidad del viento. Estación Valdivia Años 2016-2021.....	110
Figura 18. Correlación variables meteorológicas y material particulado.....	111
Figura 19. Correlación variables meteorológicas y material particulado.....	112
Figura 20. P98 de concentraciones de MP10 de 24 horas.....	114
Figura 21. Días sobre norma MP10.....	115
Figura 22. P98 de concentraciones de MP2,5 de 24 horas.....	116
Figura 23. Promedio anual de concentraciones de MP10.....	116
Figura 24. Promedio trianual de concentraciones de MP10.....	117
Figura 25. Promedio anual de concentraciones de MP2,5.....	118
Figura 26. Promedio trianual de concentraciones de MP10.....	118
Figura 27. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2015-2021.....	119
Figura 28. N° de Horas en Episodio por MP10 periodo 2015-2021.....	119
Figura 29. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2015-2021.....	120
Figura 30. N° de Horas en Episodio por MP2,5 periodo 2015-2021.....	120
Figura 31. Días con superación de norma diaria MP2,5 y MP10.....	121
Figura 32. Percentil 98 de los promedios diarios MP2,5 y MP10.....	122
Figura 33. Promedio anual y trianual MP10 y MP2,5.....	123
Figura 34. Duración de episodios MP10 y MP2,5.....	124
Figura 35. N° de episodios emergencia y preemergencia.....	125
Figura 36. Factor año en la reducción de indicadores PDA para MP10 y MP2,5.....	126
Figura 37. Inventarios de emisiones anteriores en la comuna de Valdivia.....	127
Figura 38. Distribución de emisiones MP2,5 año base 2013 y 2021.....	129
Figura 39. Modelación de dispersión de MP2,5 – Escenario Pasivo PDA 2027.....	133
Figura 40. Modelación de dispersión de MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2027.....	135
Figura 41. Reducción de emisiones de MP2,5 según fuente comuna de Valdivia.....	144
Figura 42. Valoración de factores de riesgo según sector regulado.....	164



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenidos de la entrega del informe final.....	10
Tabla 2. Ficha resumen PDA Valdivia.....	17
Tabla 3. Revisión de otros documentos e informes.....	18
Tabla 4. Revisión de Planificación y reporte de ejecución de medidas según Servicio.....	20
Tabla 5. Ficha resumen reuniones con servicios públicos.....	23
Tabla 6. Ficha resumen reunión - CONAF.....	23
Tabla 7. Ficha resumen reunión - SERNAC.....	25
Tabla 8. Ficha resumen reunión - SEREMI de Energía.....	25
Tabla 9. Ficha resumen reunión - Municipalidad de Valdivia.....	26
Tabla 10. Ficha resumen reunión - SEREMI de Economía.....	26
Tabla 11. Ficha resumen reunión - SEREMI MINVU.....	27
Tabla 12. Ficha resumen reunión - SEREMI de Agricultura.....	27
Tabla 13. Ficha resumen reunión - SERVIU.....	28
Tabla 14. Ficha resumen reunión - GORE.....	28
Tabla 15. Ficha resumen reunión - Municipalidad de Valdivia.....	29
Tabla 16. Ficha resumen reunión - SEREMI Medio Ambiente.....	29
Tabla 17. Ficha resumen reunión - SEREMI de Salud.....	31
Tabla 18. Ficha resumen reunión - SEREMITT.....	32
Tabla 19. Ficha resumen reunión - SMA.....	33
Tabla 20. Medidas con entrada en vigencia desde el año 2022.....	35
Tabla 21. Descripción de los sectores identificados en la clasificación de medidas estructurales.....	35
Tabla 22. Estado de avance de las medidas - sector Mejoramiento de Artefactos.....	38
Tabla 23. Estado de avance de las medidas - sector Mejoramiento de la leña.....	39
Tabla 24. Estado de avance de las medidas - sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda *.....	41
Tabla 25. Estado de avance de las medidas - sector Regulación Calderas y otras fuentes.....	43
Tabla 26. Estado de avance de las medidas - sector Quemadas agrícolas.....	45
Tabla 27. Estado de avance de las medidas - sector Transporte.....	46
Tabla 28. Clasificación de medidas de educación y otras complementarias.....	46
Tabla 29. Estado de avance de las medidas - Educación Ambiental.....	47
Tabla 30. Estado de avance de las medidas - GEC.....	48
Tabla 31. Estado de avance de las medidas - Fiscalización.....	50
Tabla 32. Estado de avance de las medidas - Complementarias.....	50
Tabla 33. Medidas consideradas para evaluar el impacto en sector residencial del escenario PDA.....	53
Tabla 34. Definición de las tecnologías de calefacción según el PDA de Valdivia [1].....	54
Tabla 35. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo - Esc. PDA.....	55
Tabla 36. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m ³ st) - Escenario PDA.....	56
Tabla 37. Estimación emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto - Escenario PDA.....	57
Tabla 38. Configuración del escenario base de combustión residencial de leña periodo 2017-2021.....	57
Tabla 39. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo - Línea Base.....	58
Tabla 40. Consumo total de leña (m3 estéreos) y pellet (Ton) por tipo de artefacto - Línea Base.....	59
Tabla 41. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto - Línea Base.....	59
Tabla 42. Reducción de emisiones MP2,5 (Ton/año) según medida - Esc. PDA.....	60
Tabla 43. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto - PDA.....	62
Tabla 44. Reducción de emisiones por renovación de buses MP2,5.....	62
Tabla 45. Variables que inciden en el factor de emisión asociado a calefacción residencial de leña.....	64
Tabla 46. Episodios de contaminación declarados por año 2017-2021.....	67



Tabla 47. Medidas según tipo de episodio hasta el año 2019.....	67
Tabla 48. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Fuentes Puntuales.....	69
Tabla 49. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Artefactos a leña.....	69
Tabla 50. Reducción de emisiones asociadas a GEC según episodio para MP10 y MP2,5.....	70
Tabla 51. Número de muestra, para la aplicación de la encuesta de caracterización residencial de consumo de leña en la comuna de Valdivia.....	72
Tabla 52. Confortabilidad con el actual calefactor a leña.....	72
Tabla 53. Principal causa de No Confortabilidad de calefacción a leña Comuna de Valdivia.....	73
Tabla 54. ¿Conoce el PDA de Valdivia?.....	73
Tabla 55. Principal causa de No Confortabilidad de calefacción a leña Comuna de Valdivia.....	75
Tabla 56. Conoce alguna campaña de difusión en la comuna de Valdivia.....	75
Tabla 57. ¿Por qué medios?.....	75
Tabla 58. Montos ejecutados en la implementación del PDA, según tipo regulación (\$)......	77
Tabla 59. Recursos ejecutados para el Programa de Recambio de Calefactores.....	78
Tabla 60. Recursos ejecutados en programas de mejoramiento de leña.....	78
Tabla 61. Recursos ejecutados para el acondicionamiento térmico de viviendas.....	79
Tabla 62. Recursos ejecutados para el programa de renovación de buses.....	79
Tabla 63. Recursos ejecutados para el período GEC.....	79
Tabla 64. Recursos ejecutados para medidas complementarias.....	80
Tabla 65. Recursos ejecutados en la implementación del PDA, según tipo regulación (\$)......	81
Tabla 66. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida "Programa de recambio de calefactores".....	82
Tabla 67. Evaluación de brechas en los recursos asociados al Mejoramiento térmico de viviendas.....	83
Tabla 68. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Artefactos.....	86
Tabla 69. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Leña.....	87
Tabla 70. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento Térmico.....	89
Tabla 71. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Calderas y otras fuentes.....	91
Tabla 72. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Quemadas agrícolas.....	92
Tabla 73. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Transporte.....	93
Tabla 74. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Compensación Emisiones.....	93
Tabla 75. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector GEC.....	94
Tabla 76. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Educación.....	95
Tabla 77. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Fiscalización.....	96
Tabla 78. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Medidas complementarias.....	96
Tabla 79. Estaciones de monitoreo de calidad del aire y meteorológicas.....	98
Tabla 80. Normas de calidad del aire para material particulado.....	100
Tabla 81. Análisis del monitoreo de MP10 - Estación Valdivia 2015-2021.....	101
Tabla 82. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Valdivia periodo 2015-2021.....	102
Tabla 83. Variables que inciden en emisiones – comparación 2013/2021.....	113
Tabla 84. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5.....	121
Tabla 85. Resultados Indicador 2. Percentil 98 de los promedios diarios.....	122
Tabla 86. Resultados Indicador 3. Promedio anual y trianual MP10 y MP2,5.....	122
Tabla 87. Resultados Indicador 4. Disminución de la duración de los episodios MP10 y MP2,5.....	123
Tabla 88. Resultados Indicador 5. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5.....	124
Tabla 89. Inventario de emisiones año base 2021 Valdivia.....	128
Tabla 90. Inventario de emisiones año base 2013 Valdivia.....	128
Tabla 91. Reducción emisiones de MP2,5 (ton/año) escenario con y sin PDA – Inventario general.....	130
Tabla 92. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo PDA 2027.....	131

Tabla 93. Emisiones MP2,5 Escenario Pasivo PDA 2027.....	132
Tabla 94. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo PDA 2027.....	132
Tabla 95. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2027.....	134
Tabla 96. Escenario Ideal PDA 2027.....	134
Tabla 97. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Ideal PDA 2027.....	134
Tabla 98. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo 2030.....	136
Tabla 99. Escenario Pasivo 2030.....	136
Tabla 100. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo 2030.....	137
Tabla 101. Principales de variables de evaluación escenario conservador PDA 2030.....	137
Tabla 102. Escenario Conservador 2030.....	138
Tabla 103. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Conservador PDA 2030.....	138
Tabla 104. Principales de variables de evaluación escenario Alternativo PDA 2030.....	138
Tabla 105. Escenario Alternativo PDA 2030.....	139
Tabla 106. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Alternativo PDA 2030.....	139
Tabla 107. Análisis de emisión/concentración AGIES PDA Valdivia y Proyecciones.....	141
Tabla 108. Análisis de supuestos AGIES.....	141
Tabla 109. Resumen de escenarios proyectados.....	143
Tabla 110. Líneas de acción – Mejoramiento Artefactos: Programa de Recambio de Calefactores.....	145
Tabla 111. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Aspectos generales.....	145
Tabla 112. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Subsidios.....	147
Tabla 113. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Aspectos generales.....	147
Tabla 114. Líneas de acción – Mejoramiento de la calidad de la leña.....	148
Tabla 115. Líneas de acción – Regulación de Fuentes Puntuales: Aspectos generales.....	150
Tabla 116. Líneas de acción – Educación: Aspectos generales.....	150
Tabla 117. Líneas de acción – Medidas complementarias y estudios.....	151
Tabla 118. Líneas de acción y medidas prioritarias.....	153
Tabla 119. Clasificación de Riesgo según origen.....	154
Tabla 120. Clasificación de Riesgo según tipología.....	154
Tabla 121. Clasificación de la probabilidad del riesgo.....	155
Tabla 122. Clasificación del impacto.....	156
Tabla 123. Clasificación de la severidad del riesgo.....	156
Tabla 124. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento de Artefactos.....	157
Tabla 125. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda.....	159
Tabla 126. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento de la Calidad de la Leña.....	161

1 ANTECEDENTES

La contaminación atmosférica es, actualmente, el principal desafío para la autoridad ambiental en Chile. Hoy se mide la contaminación en más de 25 ciudades, y a partir de los datos obtenidos en la última década, se ha podido constatar que la calidad del aire en las principales ciudades de la zona centro y sur del país se encuentra por sobre los niveles regulados, especialmente en lo que respecta a MP2,5, afectando a más de 10 millones de personas que se encuentra expuestas. [1]

Sobre esta base, y con el objetivo de reducir la concentración de contaminantes en las zonas saturadas, y así cumplir con la normativa de calidad del aire, la autoridad ambiental ha implementado y se encuentran en estado vigente, 15 Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) en 13 regiones del país.

En lo que respecta a la comuna de Valdivia, se encuentra vigente el D.S. N°25/2017 del MMA que Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia, el cual establece en su artículo 78, que: *"Al cuarto año de entrada en vigencia el Plan, la SEREMI del Medio Ambiente encargará una auditoría al Plan de Descontaminación, con el fin de evaluar la efectividad de las medidas contenidas en éste, respecto del mejoramiento de la calidad del aire de la zona aplicación del Plan"*. Es en el marco de este artículo que se requiere la ejecución del presente estudio.

1.1 ALCANCES DEL INFORME

El presente documento corresponde al Informe final del Estudio, el cual considera el desarrollo de la totalidad de las actividades consideradas en las bases técnicas y administrativas del estudio, además de un resumen ejecutivo.

Tabla 1. Contenidos de la entrega del informe final

Producto o Informe	Contenidos	Plazo de entrega
Informe Final	<p>Se debe incluir un resumen ejecutivo.</p> <p>Deberá dar cuenta del desarrollo de la totalidad de las actividades señaladas en el numeral 3.1 de las Bases Técnicas, incluyendo la descripción y resultados finales de: Todas las actividades del objetivo específico a), b) y c).</p>	Hasta 4 meses y 2 semanas desde el inicio del contrato.

Fuente: bases administrativas del estudio

2 OBJETIVOS Y ACTIVIDADES SEGÚN BASES DE LA LICITACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la implementación de las medidas, estudios e instrumentos establecidos en el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA Valdivia) de manera global y específica, desde el año 2017 a la fecha, con el propósito de verificar el cumplimiento de las actividades comprometidas, así como su consistencia con las metas de reducción de emisiones comprometidas al año 2027. En este contexto, evaluar el impacto de la aplicación del PDA en la evolución de la calidad del aire, y plantear recomendaciones para fortalecer de líneas de acción futuras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Evaluar el estado de avance y aplicación de las medidas establecidas en el PDA Valdivia y su efecto en la reducción de las emisiones atmosféricas.
- b) Analizar la evolución de la calidad del aire en la zona saturada, desde el inicio de la implementación del PDA Valdivia, así como la evolución de las emisiones, la participación de las diferentes fuentes en la calidad del aire, y el efecto del potencial de reducción de emisiones de las medidas del PDA Valdivia.
- c) Proponer líneas de acción en el mediano plazo y largo plazo para la gestión de la calidad del aire en la comuna, considerando la evaluación de la aplicación de las medidas y la reducción de emisiones estimada.

2.3 ACTIVIDADES SEGÚN OBJETIVO

1. Actividades relacionadas al objetivo específico a): Evaluar el estado de avance y aplicación de las medidas establecidas en el PDA Valdivia y su efecto en la reducción de las emisiones atmosféricas.

Act.1) Revisar todos los antecedentes del PDA para su posterior evaluación. Entre ellos, los supuestos establecidos para su diseño (AGIES), así como las medidas y los reportes generados a la fecha respecto a su cumplimiento (reportes a SMA).

Act.2) Coordinar reuniones con Ministerios y Servicios Públicos para evaluar el avance de las medidas, en cuanto a alcance y plazos, en especial con la Superintendencia del Medio Ambiente quien ha realizado un seguimiento anual a todas las medidas del PDA.

Act.3) Verificar el desarrollo y cumplimiento de las medidas estructurales asociadas a calefacción residencial, fuentes fijas, quemas agrícolas y transporte, medidas de participación ciudadana y educación ambiental, instrumentos de gestión ambiental complementarios, plan operacional para la gestión de episodios críticos de contaminación, así como estimar su efecto en la reducción de emisiones.

Act.4) Realizar un análisis de las percepciones de la ciudadanía acerca de la implementación de las diferentes medidas del PDA y sus ajustes o mejoras.

Act.5) Dimensionar y evaluar los recursos asignados al PDA por cada servicio competente, asociados a las medidas comprometidas en el PDA.

Act.6) Evaluar si existen medidas del PDA que no tiene mayor impacto en la reducción de emisiones, es decir, medidas prescindibles.

2. Actividades relacionadas al objetivo específico b): Analizar la evolución de la calidad del aire en la zona saturada, desde el inicio de la implementación del PDA Valdivia, así como la evolución de las emisiones, la participación de las diferentes fuentes en la calidad del aire, y el efecto del potencial de reducción de emisiones de las medidas del PDA Valdivia.

Act.1) Análisis de la evolución de la calidad del aire, identificando el impacto de los factores climáticos, meteorológicos, emisiones, expansión/disminución del parque residencial, consumos de leña y otras fuentes, que han definido la progresión de la calidad del aire.

Act.2) Análisis de cumplimiento normativo de MP10 y MP2,5 desde el año de implementación del PDA.

Act.3) Determinación de brechas de las condiciones de calidad del aire, con las metas establecidas en el PDA.

Act.4) Análisis de los inventarios de emisiones atmosféricas y determinación de brechas con las metas de reducción de emisiones establecidas en el PDA.

Act.5) Estimación del aporte de las medidas estructurales en la reducción de emisiones determinadas.

Act.6) Determinación de una nueva meta de reducción de emisiones definiendo el año 2020 o 2021 como año base, con un escenario meta al 2027 y otro al 2030.

3. Actividades relacionadas al objetivo específico c): Proponer líneas de acción en el mediano plazo y largo plazo para la gestión de la calidad del aire en la comuna, considerando la evaluación de la aplicación de las medidas y la reducción de emisiones estimada.

Act. 1) Considerando la evaluación técnica realizada, determinar si los resultados obtenidos son consistentes con las necesidades de actualización del PDA. Esto en el contexto de las metas y plazos establecidos en el PDA.

Act. 2) Proponer líneas de acción y medidas, ya sea no consideradas en el PDA actual, adaptación o complemento de medidas ya en ejecución, así como su respectivo plazo de implementación, y su potencial de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5.

Act.3) Establecer prioridades dentro de las líneas de acción y medidas propuestas para la reducción de emisiones.

Act. 4) Recomendar estrategias de largo plazo que permitan garantizar el estado de la calidad del aire comprometido al 2027 (o en base al nuevo año establecido como año meta).

Act. 5) Identificación de elementos críticos a considerar para la actualización del PDA Valdivia.



2.4 RESULTADOS ESPERADOS

Producto de la presente consultoría, se espera contar con la siguiente información:

- a) Documento con información sobre el estado de avance de todas las medidas establecidas en el PDA y estimación del efecto en la reducción de la contaminación atmosférica en su conjunto y de ser factible su aporte en la reducción de forma individual.
- b) Disponer de una evaluación de la evolución de la calidad del aire y emisiones, que permita determinar nuevos plazos y metas de reducción de emisiones, como base para la reformulación del PDA.
- c) Sistematización de las recomendaciones de la ciudadanía referidas a las posibles mejoras o ajustes a introducir para la segunda etapa del PDA.
- d) Disponer de recomendaciones y lineamientos respecto de las estrategias de mediano y largo plazo que permitan garantizar el estado de la calidad del aire comprometida al 2027, o la propuesta de un nuevo año que se defina como meta, que serán utilizadas de base para la actualización del PDA.
- e) Elementos críticos a considerar para el diseño de la actualización del PDA, así como determinación de medidas prescindibles que contiene el actual instrumento.
- f) Presentación de los resultados en un taller que deberá ser organizado en forma conjunta. En caso de que no sea posible la ejecución del taller de manera presencial, se podrá utilizar la opción de video conferencia.

3 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la zona declarada como saturada por Material Particulado Respirable MP10, como concentración diaria y anual, y por Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración diaria, según el D.S. 17/2014 del MMA, correspondiente a la comuna de Valdivia, tal como se observa en la Figura 1.

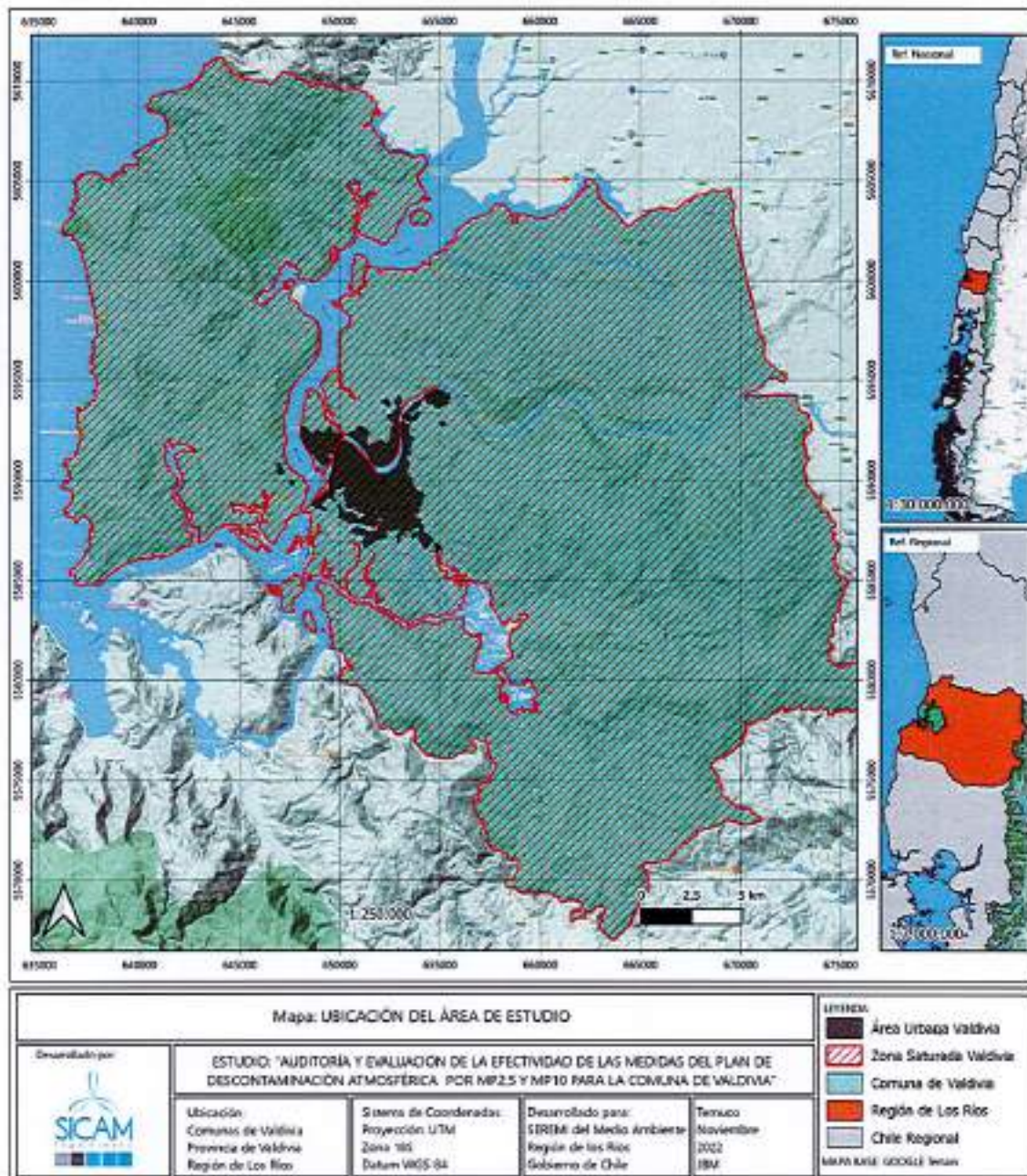


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio

Fuente: Elaboración propia

4 DESARROLLO METODOLÓGICO GENERAL

En el presente capítulo se expone el desarrollo metodológico sobre el cual se desarrollará el estudio, que incluye los objetivos y actividades establecidas en las bases técnicas, según el esquema presentado en la Figura 2.

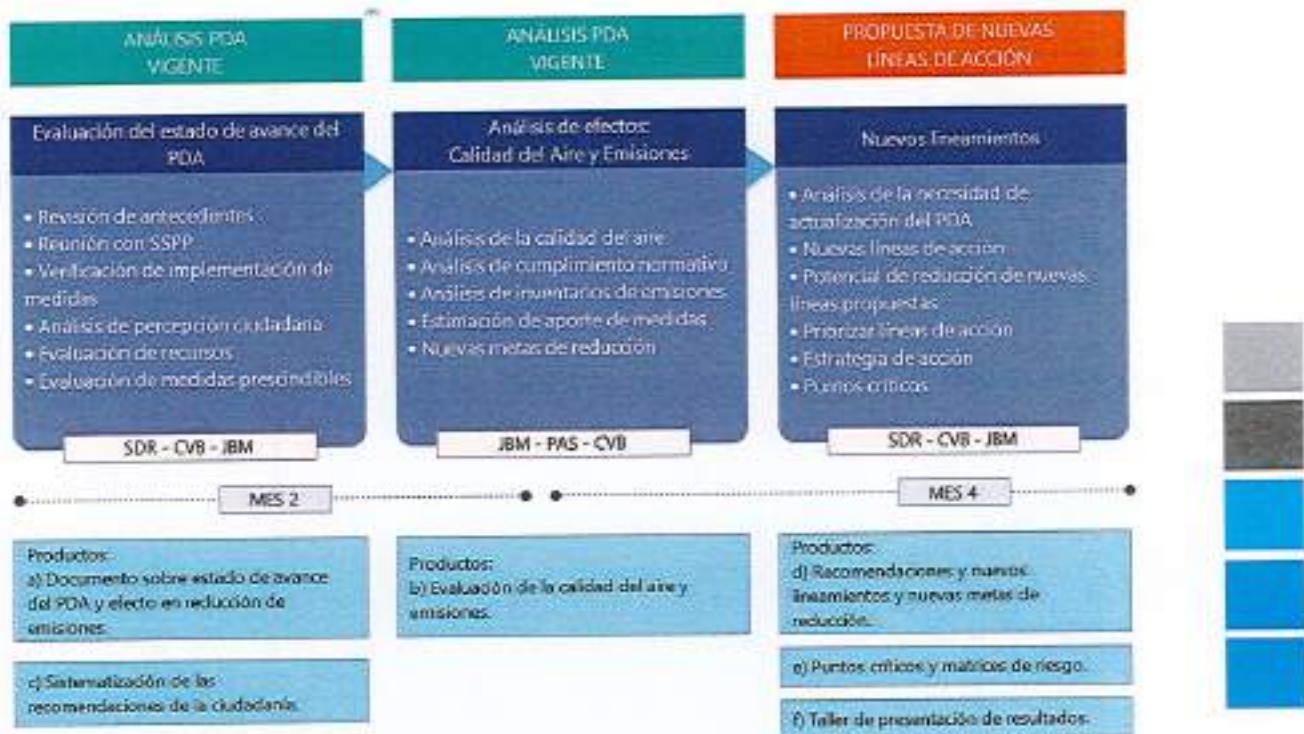


Figura 2. Diagrama de flujo metodológico
Fuente: Elaboración propia

5 OBJETIVO A). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE, APLICACIÓN DE MEDIDAS Y EFECTO EN REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

El PDA Valdivia, desde su publicación cuenta con un plazo de 10 años para lograr dar cumplimiento a las normas de MP10 y MP2,5, tal como se observa en la Tabla 2, que presenta una ficha resumen del Plan. El presente objetivo busca determinar y evaluar el estado de avance en la aplicación de las medidas contenidas en el Plan y su efecto en la reducción de la contaminación del aire en la comuna.

Tabla 2. Ficha resumen PDA Valdivia

FICHA RESUMEN	
Norma	D.S. N° 25/2017. Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia.
Contaminante	: MP2,5 y MP10
Estado	: Vigente
Fecha Publicación	: 23-06-2017
Plazo reducción	: 10 años
Año meta	: 2027
MP2,5 Diaria (BASE)	: 130 P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ MP2,5)
MP2,5 Diaria (META)	: 50 P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ MP2,5)
Reducción (%)	: 61,5%
Costos (MM USD)	: 56
Beneficios (MM USD)	: 285
Razón Ben/Cost	: 5.1

Fuente: Elaboración propia a partir del PDA Valdivia [1]

Es importante precisar que el presente estudio considera la revisión de la implementación de los 80 artículos contenidos en el PDA Valdivia [1]. La metodología considera la ejecución de reuniones sostenidas con los organismos públicos que tienen medidas a su cargo, además de la revisión de antecedentes disponibles, principalmente los que dicen relación con el reporte anual del estado de avance del PDA Valdivia desarrollado por la Superintendencia de Medio Ambiente. Los puntos siguientes dan cuenta de la revisión de antecedentes, el resumen de las reuniones sostenidas con organismos públicos y la verificación de la ejecución de las medidas, así como también su impacto en la reducción de emisiones para los distintos sectores resultados.

Se incorpora además un análisis de los principales hallazgos, además de la evaluación de medidas prescindibles que pueden ser consideradas para el proceso de revisión y actualización del PDA Valdivia.

5.1 ACTIVIDAD 1). REVISIÓN DE ANTECEDENTES

El PDA Valdivia, cuenta con información de base para su construcción, a partir de la cual se obtienen los ejes estructurales, las medidas y metas de reducción. La revisión de antecedentes considera la información proporcionada por la contraparte técnica y otra relevante, obtenida en el expediente del PDA Valdivia [1]¹ y el sitio web de la Superintendencia de Medio Ambiente².

La Tabla 3 presenta la documentación revisada indicando el documento, la institución relacionada y la fuente de obtención.

Tabla 3. Revisión de otros documentos e informes

Documento	Institución	Fuente de obtención
D.S. N° 25/2017 que establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia	Ministerio del Medio Ambiente	Proporcionado por la contraparte técnica
Resolución Exenta N°543/2018 de la SMA. Dicta instrucciones generales sobre el registro y reporte del Estado de avance del plan de descontaminación atmosférica para la comuna de Valdivia.	Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)	Proporcionado por la contraparte técnica
Res. Ex. N° 1215/2020 que aprueba instructivo para la implementación y seguimiento de los planes de prevención y descontaminación atmosférica.	Ministerio del Medio Ambiente	Proporcionado por la contraparte técnica
Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan. Años 2018, 2019, 2020 y 2021.	Superintendencia del Medio Ambiente	Sitio web SMA ²
AGIES PDA Valdivia. Año 2015	Depto. Economía Ambiental, MMA	Sitio web https://planesynormas.mma.gob.cl/expediente/PDA_Valdivia .
Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos desde la región del libertador general Bernardo O'Higgins hasta la región de Los Lagos, año 2019.	SISTAM Ingeniería.	Proporcionado por la contraparte técnica

Fuente: Elaboración propia

De la documentación revisada se presentan los alcances principales de cada documento, a continuación:

D.S. N° 25/2017 del MMA que establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia.

Este documento establece de manera detallada las medidas e instrumentos para reducir los niveles de contaminación en la zona saturada de la comuna de Valdivia, y alcanzar los niveles de material particulado que permitan cumplir las normas de calidad ambiental. Se revisó cada artículo del Plan para determinar la materia de la regulación, plazo de cumplimiento, institución responsable. Con el detalle de cada medida se elaboró una base de datos para hacer el seguimiento del avance en la ejecución del PDA Valdivia.

¹ https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/indas.php?tipo=busqueda&id_expediente=925526

² <https://snifa.sma.gob.cl/Instrumentos/AvancePpda>

Resolución Exenta N°543/2018 de la SMA. Dicta instrucciones generales sobre el registro y reporte del Estado de avance del plan de descontaminación atmosférica para la comuna de Valdivia.

Esta resolución, tiene por objeto fijar los indicadores y medios de verificación en base a los cuales se registrarán las diversas actividades que realizarán los organismos públicos que participan en la implementación del PDA Valdivia, de acuerdo a los plazos de vigencia establecidos para cada una de las medidas contempladas en dicho instrumento.

De esta manera, el documento asigna para cada institución las medidas para las cuales debe reportar el nivel de avance en su ejecución, estableciendo, los indicadores, fórmulas de cálculo, frecuencia de reporte y medio de verificación. Se establecen 18 instituciones responsables de reportar el cumplimiento de 80 medidas.

La revisión de este documento permite definir de manera más concreta las responsabilidades de cada institución para cada medida contenida en el D.S. N° 25/2017 del MMA, para la verificación de su ejecución.

Res. Ex. N° 1215/2020 del MMA que aprueba instructivo para la implementación y seguimiento de los planes de prevención y descontaminación atmosférica.

Este instructivo tiene alcance nacional y tiene por objetivo establecer el proceso de coordinación interna del Ministerio del Medio Ambiente a través del cual se registrarán las distintas divisiones y oficinas que participan tanto en la implementación como en el seguimiento de las medidas establecidas en los planes de prevención y descontaminación atmosférica.

A grandes rasgos, este documento establece el rol de representante y encargado regional del PDA a cada SEREMI del Medio Ambiente, con funciones de coordinación institucional interna y con los demás órganos de la administración del Estado. Por otra parte, establece el rol de la SMA, definiendo funciones de verificación del estado de avance de los planes de prevención y descontaminación, para lo cual debe elaborar anualmente un informe que consolide el reporte de actividades que llevan a cabo los diversos organismos públicos que participan en la ejecución de cada plan.

Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del PDA Valdivia.

En lo que respecta al estado de avance de las medidas contenidas en el PDA Valdivia y según lo señalado en el artículo 73 del Plan, todas las instituciones que tengan asociadas medidas deben presentar en la forma y plazos que corresponda el reporte de la ejecución de las medidas a su cargo.

Por otra parte, el artículo 72 del Plan otorga el rol de la fiscalización permanente del cumplimiento de las medidas del PDA Valdivia a la Superintendencia del Medio Ambiente, siendo este organismo el encargado de la verificación del estado de avance de las medidas e instrumentos del Plan, remitiendo anualmente un informe de avance a la SEREMI del Medio Ambiente, encontrándose disponible la información para los años 2018 a 2021. Esta información se revisó y sistematizó como parte de la base de datos desarrollada por el consultor.

Por otra parte, Tal como lo señala la Res. Ex. N° 1215/2020 del MMA, y la Res. Ex. N° 543/2018 de la SMA (artículo decimonoveno), la SMA le corresponde registrar y reportar el estado de avance respecto las medidas contenidas en el PDA Valdivia, mediante la elaboración de un informe anual, que da cuenta del cumplimiento de los indicadores establecidos. La revisión contempla los informes de los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

A continuación, en la Tabla 4 se presenta el resumen del estado del reporte del cumplimiento de medidas para la elaboración del informe de cumplimiento de la SMA, por parte de las instituciones que tienen alguna medida a su cargo, según la Resolución Exenta N° 543/2018 de la SMA. Se indica la institución, el número de medidas a su cargo y el estado del reporte de la ejecución de medidas para los años 2018 a 2021. Se indica "SI" para los organismos que dan cumplimiento al reporte, N/R para los organismos que no presentan reporte; "P" para los organismos que presentan parcialmente el cumplimiento de alguna medida, respecto a los indicadores establecidos y N/A para el caso de medidas que no aplica reportar el cumplimiento por no tener medidas vigentes al año en evaluación.

Tabla 4. Revisión de Planificación y reporte de ejecución de medidas según Servicio

INSTITUCIÓN	N° medidas a su cargo	2018	2019	2020	2021
Corporación Nacional Forestal (CONAF)	2	SI	SI	SI	SI
Dirección de Obras Municipales (DOM)	2	N/R	N/R	N/R	N/R
Gobierno Regional de Los Ríos (GORE)	1	SI	N/R	N/R	N/R
Intendencia de Los Ríos (Actual Delegación Presidencial)	1	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Energía	1	SI	SI	SI	SI
Ministerio del Medio Ambiente (MMA)	8	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)	1	SI	SI	N/A	N/R
Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)	5	N/R	N/A	P	SI
Municipalidad de Valdivia	1	N/A	N/A	N/A	N/A
SEREMI de Agricultura	4	SI	P	P	P
SEREMI de Economía	2	SI	SI	P	SI
SEREMI de Educación	3	SI	SI	SI	SI
SEREMI del Medio Ambiente	19	SI	SI	SI	SI
SEREMI de Salud	10	SI	SI	SI	SI
SEREMI de Transportes	3	SI	SI	SI	SI
SEREMI de Vivienda y Urbanismo	2	SI	SI	SI	SI
Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU)	3	SI	SI	SI	SI
SMA	12	SI	SI	SI	SI

N/A: No aplica - N/R: No presenta reporte - SI: Si presenta reporte - P: Reporte parcial, reporta solo algunas medidas
Fuente: Elaboración propia

Informe del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto del PDA Valdivia

El AGIES [2] del PDA Valdivia tiene por objetivo evaluar los beneficios y costos asociados a la implementación de las medidas contenidas en el Plan. En este estudio se analizan las diferentes medidas, asociadas al mayor sector emisor, correspondiente a consumo residencial de leña. El informe establece que las medidas propuestas permitirían cumplir con la norma diaria y anual de MP10 y MP2,5 a los 10 años de implementación del PDA. Más específicamente, se señala que al año 2024 se alcanzaría el objetivo registrándose concentraciones de MP2,5 bajo los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como norma diaria.

El AGIES evalúa principalmente las medidas asociadas al recambio de calefactores, aislación térmica de viviendas, uso de leña seca, prohibición de artefactos y otras medidas, con distintos porcentajes de reducción estimados para cada una, las que en su conjunto permitirían una concentración de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 como norma diaria al año meta 2025. A través del presente informe se evaluará a partir de los resultados expuestos para el Objetivo B (punto 6 del informe) cómo se contrastan las proyecciones indicadas en el AGIES, respecto a las concentraciones registradas en la estación de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP) de Valdivia y sus indicadores de cumplimiento normativo.

Por otra parte, estima los costos y los beneficios en el horizonte de evaluación, concluyendo que la implementación del PDA Valdivia resulta altamente rentable desde la perspectiva social, estimando una razón costo-beneficio de 6,1, que representa la relación entre la inversión y costos variables (costo) y los ahorros en salud y/o consumo (beneficios).

Inventario de emisiones contaminantes atmosféricos desde la región del libertador general Bernardo O'Higgins hasta la región de Los Lagos, año 2019.

Este informe tiene por objetivo disponer de un instrumento en una plataforma en línea, que permita generar y actualizar inventarios de emisiones, los cuales deberán servir de insumo para la generación de modelaciones de dispersión de contaminantes, lo anterior deberá permitir identificar las acciones prioritarias en la generación de medidas futuras en planes de descontaminación/prevención y/o declaraciones de zona.

A través de este estudio, se desarrolló un inventario de emisiones para todas las comunas entre las regiones de O'Higgins y Los Lagos, para el año base 2017. Para el área de estudio, se cuenta con el inventario de emisiones para las principales fuentes de emisión, la cual servirá de referencia para analizar la tendencia de las emisiones, según el inventario de emisiones año base 2013, inventario 2017 y la última actualización año base 2021, actualmente en desarrollo para la comuna de Valdivia.

5.2 ACTIVIDAD 2). REUNIONES CON ACTORES PÚBLICOS

Ejecución de las reuniones

Cada una de las reuniones fue gestionada directamente por el director de Proyecto, con los profesionales de cada institución, responsables de la implementación de medidas PDA, quienes, además, sumaron a otros profesionales de su institución, con competencia, según estimaron pertinente. Por parte del equipo consultor participaron los profesionales Ing. Sergio Dávila y Ing. Jasmine Bastidas.

La dinámica de la reunión fue presentar los alcances del proyecto, discutir respecto de las medidas con competencia de la institución, revisar los reportes de cumplimiento en implementación, finalmente, solicitar, mediante una FICHA de SOLICITUD, el envío de información relevante que no estuviera disponible en los reportes de la SMA.

El resumen de la ejecución de las reuniones se presenta en la Tabla 5, en orden de aparición de cada organismo de la Resolución Exenta N° 543/2018 de la SMA.

En la Tabla 5 se indica la fecha de las reuniones concretadas, se describen 3 organismos con "sin entrevista" correspondiente a la Intendencia Regional (actual Delegación Presidencial), la cual tiene a su cargo la medida asociada a la declaración de episodios críticos, se realizaron las gestiones para coordinar una reunión sin obtener respuesta por parte del organismo, luego se desestimó la entrevista, dado que la medida a su cargo no tiene consultas respecto a su ejecución, y se cuenta con los antecedentes que respaldan su correcta implementación. Respecto al Ministerio del Medio Ambiente, se desestimó la entrevista por cuanto la ejecución de sus medidas corresponden a 4 estudios, para los que se cuenta con información respecto a su ejecución, además de medidas asociadas al seguimiento de calidad del aire y educación, para lo cual se cuenta con información de la ejecución de la medida a través de la reunión sostenida con la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Los Ríos.

Finalmente, la reunión con el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones se desestima por cuanto la información de la ejecución de la medida a su cargo se obtuvo mediante información proporcionada por la SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones de la Región de Los Ríos.

Cabe mencionar que, en los plazos de ejecución del informe, no fue posible coordinar reunión con tres servicios, por no contar con disponibilidad de su parte, según se puede observar en la Tabla 5. La información asociada al cumplimiento de medidas por parte de estos organismos se obtuvo a partir de los informes de avance de la implementación del PDA de la SMA.

Tabla 5. Ficha resumen reuniones con servicios públicos

FECHA	INSTITUCIÓN	(SECTOR REGULADO PRINCIPAL)
03/10/2022	CONAF	CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS
No ejecutada	DIRECCIÓN OBRAS MUNICIPALES (DOM)	USO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA LEÑA
03/11/2022	GOBIERNO REGIONAL (GORE)	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
Sin entrevista	INTENDENCIA REGIONAL (DELEGACIÓN PRESIDENCIAL)	EPIODIOS CRÍTICOS DE CONTAMINACIÓN
03/10/2022	MINISTERIO DE ENERGÍA	USO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA LEÑA
Sin entrevista	MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
Sin entrevista	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES DEL TRANSPORTE
No ejecutada	MINVU	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
04/10/2022	MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA	USO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA LEÑA
26/10/2022	SEREMI DE AGRICULTURA	CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS
06/10/2022	SEREMI DE ECONOMÍA	USO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA LEÑA
No ejecutada	SEREMI DE EDUCACIÓN	PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN
02/11/2022	SEREMI MEDIO AMBIENTE	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
26/10/2022	SEREMI DE SALUD	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
03/10/2022	SEREMI DE TRANSPORTES (*)	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES DEL TRANSPORTE
20/10/2022	SEREMI DE VIVIENDA Y URBANISMO	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
27/0/2022	SERVILU	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
08/11/2022	SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE (SMA)	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALDERAS Y OTRAS FUENTES.

(*) No se logra concretar reunión, se recibe información del servicio mediante correo electrónico.
Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de las reuniones y resumen de temas tratados

A continuación, se presenta las principales observaciones y conclusiones recogidas en cada reunión con los servicios públicos, considerando las medidas de competencia del servicio, su nivel de cumplimiento y alguna observación tratada al respecto del rol del servicio en el PDA, según corresponda.

En Anexo 5 se presentan las fichas enviadas a cada servicio, y las recepcionadas por parte del consultor.

Tabla 6. Ficha resumen reunión - CONAF

Servicio		: CONAF
Fecha de reunión	: Lunes 03 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Gerardo Contreras, encargado sección de fiscalización	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Quemas agrícolas	Art. 44	Prohibición de quemas agrícolas del 1° de mayo al 30 de septiembre
	Art. 45	Plan de difusión prohibición de quemas
Otras medidas PDA donde participa el servicio vigentes a 2021		
Leña	Art. 15	Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca
	Art. 16	Programa anual de fomento y apoyo a la producción de leña seca
	Art. 20	Programa de incentivo y apoyo a la industria de dendroenergéticos distintos a la leña
Quemas	Art. 48	Prohibición de quemas al aire libre o quemas abiertas (urbanas)
Educación	Art. 69 i.1)	Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS)
	Artículo 70	Financiamiento CIEDS (Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable)
	Art. 77	Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA
<p><u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u></p> <p>La SMA define en su Res. Ex. 543/2018 que a CONAF le corresponde el registro y reporte del estado de avance de 2 medidas, contenidas en los artículos 44 y 45.</p> <p>Al respecto, en reunión se evidencia el cumplimiento de la medida Prohibición de quemas agrícolas del 1° de mayo al 30 de septiembre (art. 44) mediante la ejecución de actividades de fiscalización por parte del Departamento de Protección contra Incendios Forestales, realizándose de manera periódica en función de un plan anual de fiscalización, en donde especifican una meta anual de 25 actividades de esta índole.</p> <p>Respecto al artículo 45, correspondiente al Plan de difusión de quemas agrícolas, el mismo departamento realiza las actividades de capacitación en escuelas y juntas de vecinos, las cuales se realizaron de manera oportuna y según meta anual propuesta para los servicios, hasta el año 2019. Para los años 2020 y 2021 se suspendieron las actividades de capacitación producto de la emergencia sanitaria por COVID-19.</p> <p>Para los otros artículos mencionados en la presente tabla, CONAF no tiene la exigencia de reportar avance ante la SMA dado que no figura como institución responsable, sin embargo, también fueron tratados en la reunión dada la relevancia de la participación del servicio en cada una de estas medidas.</p> <p>En relación al art. 15 que establece un Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca, a cargo de la SEREMI del Medio Ambiente como institución responsable de la coordinación, se comenta que CONAF cuenta con una mesa de fiscalización de leña, cuyos esfuerzos se suman a las tareas de fiscalización del PDA Valdivia, en el marco de este artículo. Es así que al comienzo de cada año se realiza una reunión técnica y se hace la programación anual, para dar cumplimiento a la mesa de fiscalización y al PDA Valdivia. Las actividades se programan como 10 fiscalizaciones anuales, en donde se coordina con otros servicios según competencias. La modalidad en el caso del transporte de leña se partió el año 2018 con controles fijos en carretera, luego cambia a la modalidad a control móvil, esto es, recorrido por la ciudad para encontrar camiones sujetos de fiscalización. Por otra parte, se considera el control a centros de acopio en la ciudad de Valdivia.</p> <p>Respecto al art. 16 y art. 20 se trataron de manera general, dado que son de responsabilidad de reporte de la SEREMI de Agricultura. Al respecto se indicó que había algunas iniciativas al fomento de la producción de leña, sin embargo, no se tenía antecedentes respecto a algún programa específico para financiar estas medidas.</p> <p>Sobre la medida contenida en el Art. 69 i.1) conformación del CIEDS, CONAF participa del comité como miembro, pero no se profundiza en el rol ni la participación activa del servicio en el comité.</p> <p>En relación a los recursos asignados para actividades asociadas al PDA Valdivia, el servicio indica que no se cuenta con asignación presupuestaria para estos fines, y que las actividades se desarrollan con recursos propios del servicio. En este</p>		

sentido las actividades quedan limitadas a los recursos humanos y operacionales que el servicio dispone para ello el cual se considera insuficiente.

En general, el servicio da cumplimiento a las actividades que son de su responsabilidad, tanto en ejecución como en reporte de manera oportuna.

Tabla 7. Ficha resumen reunión – SERNAC

Servicio		: SERNAC
Fecha de reunión	: Lunes 03 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Natalia Santana, Profesional de Apoyo SERNAC	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Otras medidas PDA donde participa el servicio vigentes a 2021		
Quemas	Art. 18	Reporte mensual de leña seca
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La SMA define en su Res. Ex. 543/2018 que a el artículo 18 es de responsabilidad de la SEREMI del Medio Ambiente, sin embargo, se trató con SERNAC dado su rol de participante.</p> <p>En reunión se indica que el 23 de agosto de 2017 se implementó el reporte de leña seca, el cual se actualiza mensualmente con actividades desarrolladas por la SEREMI de Medio Ambiente, en leñarías locales. Se indica, que sería importante aumentar la difusión de este reporte, para que los consumidores hagan uso de esta información, que se encuentra disponible en la página web, pero los consumidores o usuarios, no saben que se encuentra disponible.</p>		

Tabla 8. Ficha resumen reunión – SEREMI de Energía

Servicio		: SEREMI de Energía
Fecha de reunión	: Lunes 03 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Leonardo Faúndez, SEREMI de Energía / Yenny Ortega Profesional de SEREMI de Energía	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Leña	Artículo 21	Diseño de indicadores de energía calórica de la leña
Otras medidas PDA donde participa el servicio vigentes a 2021		
Ef. térmica	Artículo 32	Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.
Ef. térmica	Artículo 33	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo
Educación	Artículo 69	Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS)
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La SEREMI de Energía tiene a su cargo como institución responsable, a través del Ministerio de Energía, el artículo 21, correspondiente al diseño de indicadores de energía calórica de la leña. Esta medida fue ejecutada y a través de la Res. Ex. N° 13/2017 del Ministerio de Energía se estableció una tabla de conversión de energía de la leña, a partir de la cual, se diseñaron infografías, las cuales han sido distribuidas a locales de venta de leña y servicios públicos para su difusión.</p> <p>Respecto a los artículos 31 y 33, estos se encuentran a cargo del Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Energía participa como contraparte técnica en el caso del primero y como parte de los ejecutores en el caso del segundo. El estudio de diseño de viviendas sociales con nula o baja demanda energética fue desarrollado durante el año 2019, luego el Programa piloto de calefacción distrital entra en vigencia para el año 2021.</p> <p>En relación a la participación del Servicio en el CIEDS, se indica que el rol de la Seremia es asistir y cooperar en lineamientos de las acciones definidas por el comité en temáticas de educación en torno al PDA Valdivia, a partir de lo cual se ha participado en los años 2019, 2020 y 2021 en 3, 1 y 1 sesiones respectivamente. En este sentido, el servicio no ha requerido recursos adicionales para financiar actividades derivadas del CIEDS.</p> <p>El servicio ha dado cumplimiento a las actividades que son de su responsabilidad asociadas a la ejecución del PDA Valdivia.</p>		

Tabla 9. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Valdivia

Servicio	: Municipalidad de Valdivia	
Fecha de reunión	: Martes 04 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Francisco Acuña, Jefe Dpto. Medio Ambiente Municipalidad de Valdivia	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Leña	Artículo 13	Elaboración ordenanza municipal de leña seca
	Artículo 14	Exigencia de comercialización de leña seca
Otras medidas PDA donde participa el servicio vigentes a 2021		
Leña	Art. 15	Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca
Educación	Art. 69	Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS)
	Art. 70	Financiamiento CIEDS (Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable)
Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:		
<p>La Municipalidad de Valdivia tiene a su cargo a través del artículo 13 la elaboración de una ordenanza Municipal que permita regular y fiscalizar el comercio y la calidad de la leña en la comuna. En este sentido para el año 2020 se reporta como ejecutada la medida, puesto que la ordenanza fue elaborada, dado que la aprobación y promulgación dependerá de gestiones políticas, consulta ciudadana y coordinación con actores relevantes. Esta medida tiene su alcance hasta la elaboración. Luego, la medida establecida en el artículo 14 depende de la aprobación de la ordenanza por lo tanto a la fecha no se puede hacer exigible el uso de leña seca en la zona.</p> <p>Respecto al programa de fiscalización anual de comercio de leña, coordinado por la SEREMI del Medio Ambiente (art. 15) en donde participa el Municipio, se indica que su competencia tiene relación con la fiscalización del cumplimiento de las características constructivas de los centros de acopio o leñerías, dado que no pueden fiscalizar calidad de leña sin la ordenanza.</p> <p>Respecto a la integración del CIEDS se indica que se conoce el comité y se participa en las instancias que se ha requerido.</p> <p>El servicio ha dado cumplimiento a las actividades que son de su responsabilidad asociadas a la ejecución del PDA Valdivia, hasta el alcance técnico que corresponde a la elaboración de la ordenanza. Luego para que se haga efectiva la exigencia de comercio de leña seca, queda pendiente la tramitación de la ordenanza que escapa al alcance técnico del servicio, ya que está asociada a un ámbito más político y administrativo.</p>		

Tabla 10. Ficha resumen reunión – SEREMI de Economía

Servicio	: SEREMI de Economía	
Fecha de reunión	: jueves 06 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Alejandra Vésquez Silva / Paola Lozada	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Leña	Art. 16	Programa anual de fomento y apoyo a la producción de leña seca
	Art. 20	Programa de incentivo y apoyo a la industria de dendroenergéticos distintos a la leña
Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:		
<p>Los artículos 16 y 20 de fomento a la leña seca y dendroenergéticos distintos de la leña tienen como institución responsable a la SEREMI de Economía y SEREMI de Agricultura, por lo tanto, ambos servicios reportan avances para estas medidas.</p> <p>En este sentido, el servicio da cuenta del financiamiento de diversas iniciativas en torno a estas medidas, llevando a la fecha un acumulado cercano a los 90 millones de pesos en proyectos financiados como construcción de galpones, habilitación de patio de dendroenergía, apoyo a cooperativas y leñerías, además del apoyo en maquinaria e infraestructura.</p> <p>Se hace referencia a la urgencia de un proceso de fortalecimiento de la oferta de pellet, para generar una oferta constante durante el invierno, esto significa capitales de trabajo para el verano, de manera que en la época en que no hay flujo de compra los empresarios tengan recursos para producir, así como, espacios adecuados para el almacenamiento de un</p>		

volumen importante que permita tener stock durante todo el invierno. Se visualiza un probable retorno al uso de leña producto de la escasez de oferta de pellet para los consumidores.

En general se visualiza el cumplimiento de las medidas establecidas en el PDA por parte del Servicio, en relación a la gestión de su competencia.

Tabla 11. Ficha resumen reunión – SEREMI MINVU

Servicio		: SEREMI MINVU
Fecha de reunión	: Jueves 20 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Jorge Morgenstem Medina, Encargado de Proyectos para Condominios de Viviendas - Seremi de Vivienda y Urbanismo Región de Los Ríos	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Leña	Art. 30	Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda.
	Art. 79	Cicloviás

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

La SEREMI de Vivienda y Urbanismo, de acuerdo a lo establecido en la Res. Ex. 543/2018 de la SMA, tiene a su cargo la ejecución y reporte de las medidas contenidas en los artículos 30 y 79. Al respecto se corrobora el cumplimiento de ambas medidas, las cuales se han reportado oportunamente a la SMA por parte del subsidio.

Respecto al programa de capacitación las actividades se desarrollaron según lo programado para los años 2018 y 2019, luego para los años 2020 y 2021 producto de la emergencia sanitaria por COVID-19 fueron suspendidas. Respecto a la implementación de cicloviás se reporta hasta el año 2020 la recepción de 12,01 km de cicloviás, y para el año 2021 se reporta que se encuentra en licitación 3,75 km. Estando el valor cercano a la meta de 20 km en el periodo de implementación del PDA Valdivia.

Respecto al reporte del cumplimiento de estas medidas, se establece que la Res. Ex. N°543 de fecha 11.05.2018 de la SMA establece como medio verificar documentación que certifique recepción definitiva de obras, entregado por Municipalidad. Que las vialidades financiadas por el MINVU son recepcionadas por el Servicio de Vivienda y Urbanización SERVIU región de Los Ríos, que sin perjuicio de que algunas deben contar con aprobación DOM para aprobación, la Municipalidad no es quien recepciona dichas vialidades. En este sentido es crítico determinar que los verificadores remitidos para cumplimiento de la medida sean aprobados por la SMA o en su defecto debe modificarse el verificador indicado en la resolución N°543.

Tabla 12. Ficha resumen reunión – SEREMI de Agricultura

Servicio		: SEREMI de Agricultura
Fecha de reunión	: 26 de octubre de 2022, vía Meet	
Asistentes Servicio	: Vicente Gómez, Profesional de apoyo Seremi de Agricultura	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Leña	Art. 16	Programa anual de fomento y apoyo a la producción de leña seca
	Art. 20	Programa de incentivo y apoyo a la industria de dendroenergéticas distintos a la leña
Quemas	Art. 45	Plan de difusión sobre quemas.
	Art. 46	Programa de buenas prácticas agrícolas

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

Para la SEREMI de Agricultura se identifican 4 medidas a su cargo, las cuales tienen relación con fomento a la producción de leña seca y dendroenergéticas diferentes a la leña. Además de lo relativo a quemas difusión en torno a las quemas agrícolas y buenas prácticas en torno a este rubro.

Respecto al cumplimiento del servicio en torno a los artículos 16 y 20, éstos no han sido reportados por el Servicio a la SMA para el período 2018-2021. Producto de las reuniones sostenidas con los servicios, a través de información solicitada a CONAF fue posible observar el desarrollo de actividades en torno al fomento del comercio de leña seca mediante actividades de transferencia, como un Plan Piloto: Financiamiento para la producción y el secado de leña en la Región de Los Ríos e Identificación de la Cadena Productiva de Elaboración de Pellets de Madera, durante el año 2020.

Se registraron en el período 2019/2020 otorgamiento de recursos a partir del fondo Leña+Seca en donde se financia maquinaria e infraestructura para comunas de la Región de Los Ríos.

En Informe SMA, la SEREMI de Agricultura regional informa que, por medio de CONAF, implementó desde el año 2015, a nivel nacional la Estrategia Nacional de Dendroenergía, con lo cual se busca aportar a la seguridad e independencia energética del país, a través de la inclusión y entrega de capacidades a pequeños propietarios de bosques nativos, plantaciones y microempresas del sector.

En lo que, respecto al plan de difusión de quemas y programas de buenas prácticas agrícolas, éstas se desarrollan y remiten a la SMA.

Tabla 13. Ficha resumen reunión – SERVIU

Servicio		: SERVICIO DE VIVIENDA Y URBANISMO
Fecha de reunión		: 27 de octubre de 2022, vía Meet
Asistentes Servicio		: José Miguel Mercado Yáñez, Encargado de Sustentabilidad y eficiencia energética
Asistentes de consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA de responsabilidad del servicio vigentes a 2021		
Eficiencia térmica	Art. 26	Norma de aislación térmica para subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes
	Art. 28	Estándares finales acondicionamiento térmico (viviendas subsidio)
	Art. 29	Fiscalización de los subsidios de acondicionamiento térmico
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
El SERVIU tiene a su cargo el reporte de los artículos relacionado con las normas térmicas para subsidios de mejoramiento térmico en vivienda existentes y sus estándares finales, así como la fiscalización de la ejecución de los subsidios.		
Respecto al reporte, este se entrega de manera oportuna a la SMA. Como medio de verificación del artículo 29 se solicita el envío de la resolución con el listado de beneficiarios del subsidio de acondicionamiento térmico, en donde es posible apreciar la baja implementación de esta medida al año 2021, como subsidios acumulados.		
En lo que respecta a las competencias del servicio se indica como puntos críticos la escasez de constructoras trabajando con subsidios PDA, una de las razones es la falta de mano de obra especializada. Se evidencia, además, el alza constante de precios de materiales en los últimos años provoca baja interés de constructoras en trabajar con subsidios PDA y baja ejecución de proyectos adjudicados.		
Se menciona la necesidad de fortalecer la capacitación de profesionales en temas técnicos relacionados con la exigencias (transmitancias térmicas, condensación, infiltraciones, ventilación, ganancias solares, entre otros) que les permita proponer soluciones adecuadas, además de aumentar la difusión del subsidio PDA de forma masiva para postulaciones de familias vulnerables y postulaciones cofinanciadas. Por otra parte, se requiere aumentar la cantidad de profesionales dedicados a fiscalización de viviendas con subsidios PDA, que permita asegurar la calidad de las obras ejecutadas.		
En cuanto a las obras de fiscalización se aprecian de manera continua a partir de los años de ejecución, notando una importante baja en los años afectados por la emergencia COVID-19.		

Tabla 14. Ficha resumen reunión – GORE

Servicio		: GOBIERNO REGIONAL
Fecha de reunión		: 04 de octubre de 2022, vía Meet
Asistentes Servicio		: Vicente Rodríguez Tureo - Gobierno Regional

Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2021		
Eficiencia térmica	Art. 24	Llamados especiales Subsidio Acondicionamiento térmico
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>El PDA Valdivia en su artículo 24, establece que: "Durante la vigencia del presente Plan, se realizarán llamados especiales, para subsidios de acondicionamiento térmico de viviendas existentes en la zona saturada, que no sean objeto del Programa de Protección del Patrimonio Familiar del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con recursos sectoriales y/o a través del Gobierno Regional". Luego, la R.E. N°543/2018 establece que será el Gobierno Regional encargado de reportar el estado de avance y nivel de cumplimiento de dicha medida ante la SMA, de manera anual. Al respecto, para los años 2018 y 2019 el servicio informa que no existieron llamados especiales para subsidio. Para los años 2020 y 2021 el servicio no reporta el nivel de cumplimiento de la medida ante la SMA.</p> <p>En la reunión concertada con el profesional perteneciente a este servicio se indica que esta medida debería estar a cargo del servicio responsable de su ejecución, en este caso, el MINVU, porque no sería competencia directa del Gobierno Regional. De todas formas, se indica que en el periodo evaluado no se ha dado financiamiento a esta medida en particular.</p>		

Tabla 15. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Valdivia

Servicio			: Municipalidad de Valdivia
Fecha de reunión	: 04 de octubre de 2022, vía Meet		
Asistentes Servicio	: Francisco Acuña, Jefe Dpto. Medio Ambiente Municipalidad de Valdivia		
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería		
Medidas PDA vigentes a 2021			
Leña	Art. 13	Elaboración ordenanza municipal de leña seca	
	Art. 14	Exigencia de comercialización de leña seca	
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>			
<p>La Municipalidad de Valdivia tiene a su cargo el reporte del cumplimiento de los artículos 13 y 14, respecto a la elaboración de una ordenanza municipal para regulación del comercio de leña en la comuna, en un plazo de 36 meses, por lo tanto, el primer año reportado para el cumplimiento de esta medida es el 2020, cuyo indicador corresponde a la existencia de la ordenanza municipal para la comuna de Valdivia (publicada).</p> <p>Al respecto, en reunión indica que, si bien la ordenanza se encuentra elaborada, su publicación no se puede asegurar dado que esto depende a de los lineamientos de las autoridades locales, más que de los profesionales a cargo de la medida. El servicio participa además en la fiscalización de leña, asociada al artículo 15, sin embargo, se indica que, dado que no existe ordenanza para regular el comercio de leña seca, la fiscalización por parte de la municipalidad se restringe a verificar que los locales establecidos cumplan con la OGUC, en torno a las características de los centro de acopio.</p>			

Tabla 16. Ficha resumen reunión – SEREMI Medio Ambiente

Servicio			: SEREMI del Medio Ambiente
Fecha de reunión	: 02 de noviembre 2022, Vía Meet.		
Asistentes Servicio	: Jean Paul Pinaud, Cristopher Ellwanger, Cédilia Tapia, SEREMI del Medio Ambiente		
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería.		
Medidas PDA vigentes a 2021			
Calefactores	Art. 10	Recambio de calefactores en organismo públicos y municipales.	
	Art. 11	Recambio de calefactores a leña	
	Art. 12	Registro de calefactores a leña	
Leña	Art. 15	Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca	
	Art. 17	Registro de comerciantes de leña	

	Art. 18	Reporte mensual de leña seca.
	Art. 19	Acuerdo producción limpia (APL) comerciantes de leña
Calderas y otras fuentes	Art. 42	Programa Piloto de Recambio de Calderas en organismos públicos.
	Art. 43	Acuerdo producción limpia (APL) mejoramiento tecnológico del sector panaderías
GEC	Art. 58 a), 59)	Información sobre las condiciones de calidad del aire según los niveles de calidad del aire
	Art. 58 b), 60)	Sistema de pronóstico de calidad del aire para MP 2,5 y MP10
	Art. 58 c), 61)	Plan Comunicacional GEC
	Art. 58 d), 62 a.)	Informe diario a la Intendencia
	Art. 63	Subdivisiones en zonas territoriales
Educación	Art. 69, 2º	Reglamento funcionamiento CIEDS
	Art. 70	Financiamiento CIEDS
	Art. 71	Temática calidad del aire en establecimientos educacionales municipalizados
Medidas complementarias	Art. 76	Actualización del Inventario de Emisiones
	Art. 78	Auditoría Plan de Descontaminación

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

La SEREMI del Medio Ambiente posee un rol fundamental tanto en la implementación del PDA, así como en su rol de coordinadora respecto a los demás servicios con competencia. Este servicio tiene a su cargo la ejecución de 19 medidas contenidas en 20 artículos, todas vigentes al año 2021.

En lo que dice relación con el Mejoramiento de calefactores, la SEREMI del Medio Ambiente tiene a su cargo el Programa de Recambio de Calefactores para organismos públicos y municipales, y principalmente el programa enfocado a recambio de calefactores en viviendas de la comuna. En el periodo comprendido entre el 2017 y 2021 se cuenta con un recambio acumulando de 3.617 artefactos alcanzándose un 14,0% de la meta global. Esta medida plantea una meta del reemplazo de 26.000 calefactores en un plazo de 8 años, por lo que se establece que la medida se encuentra ejecutada, pero con retraso en su implementación.

En lo que respecta al sector de mejoramiento de leña, la SEREMI tiene a su cargo el desarrollo del Programa de Fiscalización Anual del comercio de leña seca, en donde tiene un rol de coordinación dado que como servicio no cuentan con el rol de fiscalización. Por lo tanto, se coordina con CONAF, SI y otros servicios para la fiscalización de comercio de leña en puntos fijos y móviles dentro de la ciudad, de acuerdo a sus competencias. El servicio se coordina también con SERNAC para la publicación mensual de un reporte de puntos de venta de leña seca, en la comuna.

El PDA también establece la elaboración de un APL para comerciantes de leña, lo cual no se ha concretado en el periodo de evaluación. El servicio indica que se han hecho las gestiones para evaluar la implementación de esta medida, observándose que existen muchas brechas en el rubro leñero que impiden realizar un APL, asociadas principalmente a la alta informalidad y escasa asociatividad de este rubro en la comuna.

Para la regulación referida a calderas y otras fuentes, la SEREMI de Medio Ambiente tiene a su cargo la implementación de un programa piloto de recambio de calderas en organismos públicos, el cual, en el periodo de evaluación no ha sido implementada, dado que no ha sido favorable la respuesta a la solicitud de financiamiento para esta medida. Sin embargo, dentro de los compromisos del servicio, se ha dado cumplimiento respecto a procurar financiamiento para la medida.

Se dispone también la ejecución de un APL para el sector panaderías, para el cual, se realizaron las gestiones para convocar a los potenciales interesados, sin embargo, se observó baja participación, dado que no existe una asociación gremial de en este rubro en la comuna, por lo que no ha sido posible avanzar en cuanto a la implementación de esta medida.

En lo relacionado a la gestión de episodios críticos, la SEREMI de Medio Ambiente tiene a su cargo el monitoreo de calidad del aire, el sistema de pronóstico de calidad del aire y el plan comunicacional asociado a las acciones a ejecutar durante la ocurrencia de episodios críticos de contaminación. Esta serie de medidas considera la coordinación con otros servicios con

competencia, tales como la Delegación Presidencial (ex Intendencia) para el caso de decretar un episodio crítico; coordinación con la SEREMI de Educación respecto a las restricciones asociadas a actividades físicas en los establecimientos educacionales y con la SEREMI de Salud y SMA en relación a la fiscalización de fuentes sujetas a restricciones en estos episodios. En reunión con los profesionales se transmite la correcta y oportuna gestión asociada a la ejecución de estas medidas y su cumplimiento.

En lo que respecta a Educación la SEREMI de Medio Ambiente tiene a su cargo la coordinación del Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS), que es integrado por diversos servicios. Este comité fue constituido y formalizado mediante la Resolución Exenta N°1489, de 2017 del MMA, la cual designa los integrantes del CIEDS. Respecto al Reglamento del CIEDS, la Seremi del Medio Ambiente señaló que este fue aprobado con fecha 15 de junio del año 2018 mediante acta, dando así cumplimiento a la medida del Plan.

Respecto a la solicitud de financiamiento para su funcionamiento, para el año 2020 se registran fondos de \$6.500.000 utilizados para implementar una campaña de difusión respecto del buen uso de leña, contaminación atmosférica, efectos en salud y Covid-19. En reunión se indica que para el año 2022 se encuentra en desarrollo iniciativas de Estrategias de Educación Formal y no Formal para varias comunas, con financiamiento del FNDR.

Respecto al funcionamiento del comité se indica que según se encuentra estipulado en el PDA, la secretaría técnica recae sobre la SEREMI de Educación, sin embargo, en la práctica lo tiene la SEREMI del Medio Ambiente.

En relación a las medidas complementarias, para el año 2022 se ejecutó la actualización del inventario de emisiones atmosféricas para la comuna de Valdivia, y la Auditoría al PDA se encuentra en ejecución mediante el presente estudio.

Concluyendo el análisis, la SEREMI del Medio Ambiente tiene participación transversal en las medidas del PDA, además de su rol de coordinación. Se observa que las medidas a su cargo se han ejecutado de manera oportuna en lo que respecta a sus competencias y compromisos, a excepción de la medida contenida en el artículo 11, correspondiente al Programa de Recambio de Calefactores en viviendas, que, si bien se ejecuta cada año, se encuentra con retraso en la tasa de implementación a la meta establecida en el PDA.

Tabla 17. Ficha resumen reunión – SEREMI de Salud

Servicio		SEREMI de Salud
Fecha de reunión		07 de noviembre de 2022, vía Meet
Asistentes Servicio		Guillermo Ramírez, Profesional Departamento Acción Sanitaria
Asistentes de consultora		Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2021		
Calefactores	Art. 4	Prohibición de chimeneas de hogar abierto
	Art. 4	Prohibición de quemar en calefactores cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.
	Art. 8	Prohíbe uso calefactores a leña no certificados, en establecimientos comerciales.
Calderas	Art. 9	Prohíbe uso calefactores a leña no certificados en organismos públicos y municipales.
	Art. 39	Registro de calderas
GEC	Artículo 64	Exigencias y prohibiciones en Alerta, Preemergencia y Emergencia
	Art. 64 a.i), b.ii, c.i), 65	Prohibición de uso de más de un calefactor a leña por vivienda Episodio GEC
	Art. 64 a.ii), b.v), c.v)	Guía de recomendaciones de Actividad Física con Alerta Ambiental en Episodio GEC
	Art. 64 b.ii), c.ii), 65	Prohibición de uso calefactores y cocinas a leña en Episodio GEC
	Art. 64 b.iii), c.ii), 65	Prohibición de funcionamiento de calderas con potencia menor a 75 kWt Episodio GEC
	Art. 64 b.iv), c.iv), 65	Prohibición de funcionamiento de calderas con potencia mayor a 75 kWt Episodio GEC
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		

La SEREMI de Salud tiene atribuciones relacionadas principalmente a su rol fiscalizador. Así tiene a su cargo la fiscalización del uso de calefactores a leña de tipo residencial, contenidos en los artículos 4. Mientras que los artículos 8 y 9 a cargo de la SEREMI de Salud, asociado a las actividades de fiscalización en establecimientos comerciales, organismos públicos y municipales, han sido desarrollados por la SMA, lo que se ratifica mediante Of. Circular N°195254/ 2019 del MMA.

En reunión con profesionales del servicio se indica que la fiscalización asociada a estos artículos se ha iniciado recién el año 2022 a través de la creación de un equipo específico para fiscalización PDA, sin embargo, no tienen dedicación exclusiva para esta temática, así como también no cuentan con recursos específicos para estas funciones, si no que funcionan con los recursos propios del servicio.

Respecto al registro de calderas, indicado en el Art. 39, se indica que el registro se mantiene actualizado, con un total de 1.155 fuentes registradas al año 2021.

Respecto a la fiscalización en el período GEC, en lo relacionado al uso de calefactores a nivel residencial, se indica en reunión que se realizan anualmente como parte de las actividades de fiscalización del servicio. Se indica, además, que este período se ha tomado como marcha blanca, sin emprenderse sanciones para los usuarios que se encuentran en incumplimiento.

Es importante considerar que durante el período de emergencia sanitaria por COVID-19, el servicio priorizó sus actividades en torno a contener la emergencia y las actividades asociadas al PDA quedaron suspendidas, esto específicamente para el año 2020.

En general, la SEREMI de Salud, hasta el año 2021 se encuentra en etapa de consolidación respecto a su rol de fiscalización de las medidas a su cargo dispuestas en el PDA. Se considera que este servicio es fundamental para asegurar una adecuada adopción de las medidas del PDA por parte de la ciudadanía.

Tabla 18. Ficha resumen reunión – SEREMITT

Servicio	: SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones	
Fecha de reunión	: 03 de octubre de 2022	
Asistentes Servicio	: Nelson Martínez Figueroa - Encargado Unidad Técnica STT Los Ríos	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmína Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2021		
Transporte	Art. 49	Programa de Renovación de Buses
	Art. 50	Programa de control de MP para vehículos del transporte público y de carga en la zona saturada.
	Art. 51	Exigencias orientadas a reducir emisiones para buses del transporte público
	Art. 52	Implementación de la primera fase del ASM
Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:		
<p>La SEREMI de Transporte tiene a su cargo la ejecución de medidas asociadas a la regulación de las fuentes móviles, para lo cual se considera un programa de renovación de buses de transporte urbano que tiene como meta el recambio de 80 buses. Esta meta fue ejecutada en su totalidad al año 2019, en donde se reporta el recambio de 100 máquinas.</p> <p>Respecto al control de material particulado para vehículos del transporte público y de carga en la zona saturada, el servicio reporta la fiscalización de al menos el 30% del parque para el año 2019 y 2021. Durante el año 2020 no se ejecutaron fiscalizaciones asociadas al PDA debido a la contingencia sanitaria del COVID-19.</p> <p>Respecto a las medidas asociadas a la exigencia al transporte público en cuanto reducir emisiones del transporte público, se indica que la totalidad de los buses que prestan servicios en la comuna de Valdivia cuentan con sello verde, cumpliéndose la norma de emisiones del MTT (D.S. N° 55/94 MMT).</p> <p>Respecto a la medida que considera la implementación de la primera fase del ASM se indica que en la actualidad aún están vigentes las concesiones que no exigen uso de ASM. Se espera que para 2025 o 2026 contar con ese equipamiento.</p> <p>En general, la SEREMITT da cumplimiento a las medidas del PDA a su cargo, en cuanto a la ejecución y al reporte de su implementación.</p>		

Tabla 19: Ficha resumen reunión – SMA

Servicio : SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE – SMA		
Fecha de reunión	: 08 de noviembre de 2022	
Asistentes Servicio	: Jeanette Caroca / Eduardo Rodríguez - División de Fiscalización y Conformidad Ambiental	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2021:		
Leña	Art. 22.1	Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)
	Art. 22.2	Exigencia xilohigrómetro a comerciantes de leña
Calderas y otras fuentes	Art. 34	Norma calderas nuevas PTN < 75kWt
	Art. 35,37,38,40	Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt
	Art. 35,37,38,40	Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt
	Art. 36,37,38,40	Límites de emisión de SO ₂ para calderas nuevas con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt
	Art. 36,37,38,40	Límites de emisión de SO ₂ para calderas existentes (2019)
	Art. 37,38,40	Protocolo CEMS y mediciones discretas MP y SO ₂
Compensación	Art. 57	Cumplimiento Programa de Compensación de Emisiones

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

La SMA tiene un rol relevante en la implementación del PDA, teniendo atribuciones de fiscalización en la mayoría de los sectores regulados, así como también en la correcta y oportuna implementación del Plan (Art. 72). De esta manera, tiene facultades fiscalizadoras al comercio de leña (artículo 22), a los organismos de la Administración del Estado y establecimientos no habitacionales para verificar la prohibición de uso de calefactores a leña (medida a cargo de la SEREMI de Salud, pero ejecutada por la SMA), también a los establecimientos industriales para verificar límites de emisión y exigencias a fuentes fijas (artículos 34, 35, 37, 38, 40).

Respecto a las medidas asociadas al comercio de leña y sus exigencias, la SMA puede fiscalizar respecto a las medidas del artículo 22 (información al usuario y xilohigrómetro), sin embargo, no puede fiscalizar la calidad de la leña comercializada en términos del contenido de humedad, por cuanto no se encuentra vigente la ordenanza municipal que regule el comercio de leña en la comuna.

Respecto a la fiscalización de fuentes fijas, se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación, en la instancia se verifica el cumplimiento de los límites de emisión para calderas existentes, en relación al MP y SO₂, según lo indicado en el Plan (art. 35, 36, 37, 38, 40) y para calderas nuevas (art. 34, 35, 36, 37, 38, 40).

Es importante mencionar que, para el caso de las fuentes fijas, el PDA establece límites de emisión para calderas existentes con potencia mayor o igual a 1MWt, quedando fuera de la regulación las calderas bajo esta potencia que son las más numerosas en la comuna, se destaca por parte de los profesionales que en otros PDA vigentes en la zona centro Sur, las calderas se someten a regulación con una potencia sobre los 75kWt. Se menciona como observación respecto a una posible mejora del PDA en su proceso de revisión y actualización.

Dentro de las atribuciones que se otorga a la SMA se encuentra la de fiscalizar el cumplimiento del PDA, según lo indicado en el artículo 73, en donde se establece que los servicios públicos deberán informar en la forma y plazos que la SMA establezca el avance en la implementación de las medidas. Luego, la SMA remitirá anualmente un informe de avance de las medidas del plan a la SEREMI del Medio Ambiente, dando cuenta de la implementación de las medidas y actividades asociadas. En el periodo de evaluación 2017-2021, la SMA ha elaborado 4 reportes de avance en la implementación del PDA (años 2018 a 2021).

Respecto a lo señalado en el artículo 74, que indica que la SMA remitirá anualmente un informe de fiscalización de las medidas del plan a su cargo, a la SEREMI del Medio Ambiente, dando cuenta de la implementación de las medidas y actividades asociadas. Este reporte se adjunta al Informe anual del estado de avance de las medidas del PDA como Anexo.

Se destaca el trabajo de la SMA en la ejecución de las medidas a su cargo, además del seguimiento oportuno de la ejecución de todas las medidas contenidas en el PDA y el reporte de su implementación. Se destaca además el trabajo de fiscalización a las fuentes fijas, en donde se aprovecha el periodo GEC para fiscalizar a las fuentes presentes en la comuna que no se encuentran sujetas a límite de emisión, si no que se encuentran sujetas a restricciones de funcionamiento en los días de ocurrencia de episodios.

5.3 ACTIVIDAD 3). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES

5.3.1 VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE

El gráfico presentado en la Figura 3, presenta un estado de avance de la entrada en vigencia de las medidas contenidas en el PDA Valdivia, indicando el número de medidas que entra en vigencia y el porcentaje acumulado de medidas por año de implementación. El gráfico permite observar que el 65% de las medidas contenidas en este Plan tienen entrada en vigencia inmediata, es decir desde el mes de junio de 2017. Al año 2021 se observa que el 95% de las medidas ha entrado en ejecución, como porcentaje acumulado, quedando solo 5 medidas asignadas entre los años 2022 y 2025.



Figura 3. Distribución de medidas según sector regulado

Fuente: Elaboración propia

Las medidas que entran en vigencia a partir del año 2022 corresponden a: Art. 5: Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple (01/2022); Art. 75: Revisión y actualización del PDA en 5 años (06/2022); Art. 36: Límites de emisión de SO₂ para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt (01/2023); Art. 6: Prohibición de toda estufa

a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011 (01/2025) y Art. 7. Excepción de calefactores del Programa de Recambio referidos en el Art. 7 (01/2025).

Tabla 20. Medidas con entrada en vigencia desde el año 2022

Fecha de entrada en vigencia	Artículo	Nombre de la medida
Enero de 2022	Art. 5	Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple
Junio de 2022	Art. 75	Revisión y actualización del PDA en 5 años
Enero de 2023	Art. 36	Límites de emisión de SO ₂ para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt
Enero de 2025	Art. 6	Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011.
Enero de 2025	Art. 7	Excepción de calefactores del Programa de Recambio referidos en el art. 7

Para las medidas vigentes al año 2021, la verificación del estado de cumplimiento se realizó en base a los indicadores propuestos por la SMA en sus Informes del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan De Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia, y en relación a las reuniones sostenidas con los diversos organismos con competencia en las medidas del PDA Valdivia.

Medidas Estructurales

Del análisis del PDA Valdivia se observa que las medidas se clasifican en torno a diferentes sectores regulados. De esta manera, la calefacción residencial se aborda mediante la regulación referida al mejoramiento de los artefactos, del mejoramiento de la calidad de la leña, del mejoramiento térmico de la vivienda y la regulación emisiones de viviendas y proyectos inmobiliarios. Otras fuentes se abordan mediante la regulación de emisiones al aire de calderas y otras fuentes, las quemas agrícolas y el control de emisiones del sector transporte. A todo este grupo se le puede agrupar como medidas estructurales por encargarse de regular directamente de las principales fuentes de emisión. La descripción de cada regulación se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Descripción de los sectores identificados en la clasificación de medidas estructurales

Regulación	Descripción
CAPITULO II. REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA.	
Mejoramiento de la eficiencia de los artefactos de combustión a leña	<p>10 medidas contenidas en 9 artículos: Art. 4 al Art. 12 del PDA</p> <p>Las medidas para este sector se focalizan principalmente en la renovación del parque de calefactores a leña por nuevos artefactos, más eficientes y menos contaminantes. De igual manera, el PDA incluye medidas para avanzar en el mejoramiento tecnológico de cocinas a leña.</p>

Uso y Mejoramiento de la Calidad de la Leña	12 medidas contenidas en 10 artículos: Art. 13 al Art. 22 del PDA Las medidas para este sector tienen relación con fortalecer al sector productivo en torno a promover la oferta de leña seca, además de prohibir la comercialización y consumo de leña húmeda. Por otra parte, establece reforzar la fiscalización por parte de los organismos competentes.
Mejoramiento de la Eficiencia Térmica de la Vivienda	9 medidas contenidas en 9 artículos: Art. 23 al Art. 31 del PDA Las medidas para este sector se focalizan principalmente en elevar las condiciones de eficiencia energética de las viviendas nuevas y existentes. Se establece además la entrega de subsidios de mejoramiento térmico para viviendas que hayan sido construidas con anterioridad a la entrada en vigencia de la reglamentación térmica de construcción.
Regulación referida a Proyectos Inmobiliarios	2 medidas contenidas en 2 artículos: Art. 32 al Art. 33 del PDA Las medidas para este sector se focalizan principalmente en el desarrollo de un estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda térmica. Además de un proyecto piloto de calefacción distrital.
CAPÍTULO III: CONTROL DE EMISIONES AL AIRE DE CALDERAS Y OTRAS FUENTES EMISORAS	
Emisiones al Aire de Calderas y Otras Fuentes Emisoras	12 medidas contenidas en 10 artículos: Art. 34 al Art. 43 del PDA Las medidas asociadas a las fuentes puntuales están focalizadas en limitar las emisiones de gases y partículas, utilizando mediciones certificadas con una periodicidad variable de acuerdo al tipo de combustible en utilización y al tipo de equipo de combustión. Además de exigencias asociadas a panaderías.
CAPÍTULO IV: CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS, FORESTALES Y DOMICILIARIAS.	
Quemas agrícolas, forestales y domiciliarias	5 medidas contenidas en 5 artículos: Art. 44 al Art. 48 del PDA Las medidas asociadas a este sector se focalizan en la restricción de fechas en las que se pueden ejecutar las quemas agrícolas en la zona saturada. Por otra parte, busca promover alternativas al uso del fuego para el sector agrícola. Establece, además, la prohibición del uso del fuego para quemas al aire libre, de elementos como rastrojos, neumáticos o residuos en la zona saturada.
Regulación	Descripción
CAPÍTULO V: REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES DEL TRANSPORTE.	
Control de Emisiones del Transporte	4 medidas: Art. 49 al Art. 52 del PDA Las medidas asociadas al sector transporte están vinculadas al reemplazo de buses. También se ha puesto énfasis en el ordenamiento y mejoras tecnológicas del transporte público.

Fuente: elaboración propia.

Para verificar el nivel de cumplimiento de las medidas se encuentra en elaboración una base de datos en formato Excel en Anexo 1, que contiene las medidas según sector regulado y su nivel de implementación, según la información recopilada a la fecha.

Al observar la cantidad de medidas según sector regulado, se encuentra que la mayoría de éstas se concentran en el mejoramiento de la calidad de la leña con un 23%, seguido por el 19% de medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de los artefactos. Se encuentran un 17% de las medidas asociadas a la eficiencia térmica de la vivienda, además de un 4% a proyectos inmobiliarios, con lo cual es posible establecer que el 63% de las medidas contenidas en el PDA, apunta a la reducción de los contaminantes provenientes de la combustión de leña a nivel residencial.

Se aprecia también un porcentaje del 19% de medidas asociadas a la regulación de calderas y otras fuentes, además del 10% y 8% asociado a regulación de quemas agrícolas y transporte respectivamente.

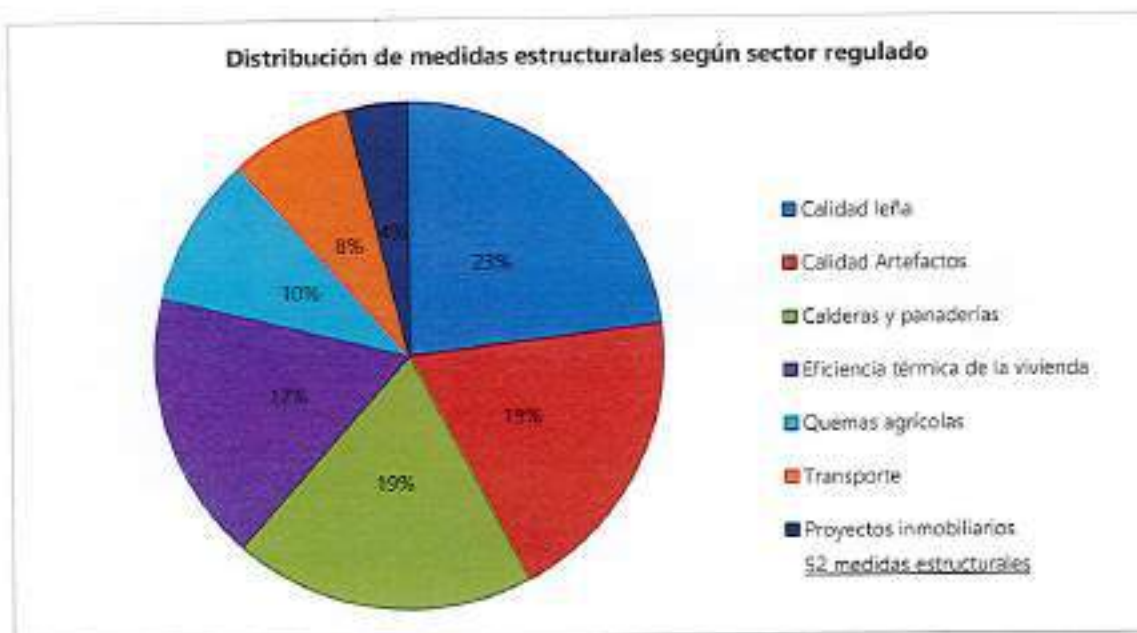


Figura 4. Distribución de medidas según sector regulado
Fuente: Elaboración propia según información contenida en el PDA Valdivia

Se presenta a continuación el resumen de la implementación de las medidas de tipo estructurales para los sectores regulados, mejoramiento de artefactos, mejoramiento de la leña, mejoramiento térmico de viviendas, regulación de calderas y otras fuentes, quemas agrícolas y transporte.

Tabla 22. Estado de avance de las medidas – sector Mejoramiento de Artefactos

Medida general	Institución	Artículo PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Prohibición de chimeneas de hogar abierto	SEREMI DE SALUD	Art. 4	Inmediato	Medida implementada	Los informes de la SMA para los años 2018 y 2019 presentan el reporte de 18 fiscalizaciones asociadas a la verificación de esta medida por parte de la SEREMI de Salud. Luego, al año 2020 no se realizan actividades de fiscalización por contingencia sanitaria COVID-19. Sin embargo, en reunión sostenida con profesionales de la SEREMI de Salud, se indicó que el equipo de fiscalización se formó recién durante este año 2022, con lo que se encuentran desarrollando las actividades a partir de este año.
Prohibición de quemar en calefactores cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.	SEREMI DE SALUD	Art. 4	Inmediato	Medida implementada	Los informes de la SMA para los años 2018 y 2019 presentan el reporte de 18 fiscalizaciones asociadas a la verificación de esta medida por parte de la SEREMI de Salud. Luego, al año 2020 no se realizan actividades de fiscalización por contingencia sanitaria COVID-19. Sin embargo, en reunión sostenida con profesionales de la SEREMI de Salud, se indicó que el equipo de fiscalización se formó recién durante este año 2022, con lo que se encuentran desarrollando las actividades a partir de este año.
Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple	SEREMI DE SALUD	Art. 5	01-01-2022	Medida no vigente	No vigente al año 2021.
Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011	SEREMI DE SALUD	Art. 6	01-01-2025	Medida no vigente	No vigente al año 2021.
Excepción de calefactores del Programa de Recambio	SEREMI DE SALUD	Art. 7	01-01-2025	Medida no vigente	No vigente al año 2021.
Prohíbe uso calefactores a leña no certificados, en establecimientos comerciales.	SEREMI DE SALUD	Art. 8	01-01-2018	Medida implementada	Las medidas de los artículos 8 y 9 del Plan, si bien fueron asignadas a la Seremi de Salud en la R.E N°543/2018, quien ha fiscalizado la medida es la SMA. La responsabilidad de la fiscalización de la medida fue ratificada mediante Of. Circular N°195254/ 2019 del MMA, ante la respuesta de interpretación que solicitó la SMA al Ministerio del Medio

					Ambiente en relación a la aplicación del D.S. 39/2011 del MMA en la fiscalización.
Prohíbe uso calefactores a leña no certificados en organismos públicos y municipales.	SEREMI DE SALUD	Art. 9	01-01-2018	Medida implementada	Las medidas de los artículos 8 y 9 del Plan, si bien fueron asignadas a la Seremi de Salud en la R.E. N°543/2018, quien ha fiscalizado la medida es la SMA. La responsabilidad de la fiscalización de la medida fue ratificada mediante Of. Circular N°195254/ 2019 del MMA, ante la respuesta de interpretación que solicitó la SMA al Ministerio del Medio Ambiente en relación a la aplicación del D.S. 39/2011 del MMA en la fiscalización.
Recambio de calefactores en organismo públicos y municipales.	SEREMI Medio Ambiente FNDR	Art. 10	Inmediato (primeros 2 años) (junio 2017 - junio 2019)	Medida implementada	Se ejecutaron 10 recambios de calefactores en organismos públicos durante el año 2018, con lo que se dio cumplimiento a la medida.
Recambio de calefactores a leña	SEREMI Medio Ambiente FNDR	Art. 11	Inmediato (primeros 8 años) (junio 2017 - junio 2025)	Medida implementada con atraso en ejecución	Al año 2021, se han recambiado 3.617 artefactos de una meta total de 26.000. El nivel de implementación es del 14% de la meta establecida.
Registro de calefactores a leña	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 12	Inmediato (primeros 2 años) (junio 2017 - junio 2019)	Medida implementada	El registro se encuentra implementado. La SEREMI del Medio Ambiente reporta el registro de 13.145 calefactores a leña al año 2021.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Estado de avance de las medidas – sector Mejoramiento de la leña

Medida general	Institución Responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Exigencia de comercialización de leña seca	MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA	Art. 13	En un plazo de 36 meses (junio 2020)	Medida no implementada	Para que esta medida pueda ser efectiva, requiere de la elaboración y publicación de una ordenanza municipal que exija la comercialización de leña seca en la comuna de Valdivia. Al año 2020 la ordenanza se encontraba elaborada, luego al año 2021 se reporta que se encuentra en consulta pública. En reunión con profesional de la Municipalidad de Valdivia se indica que la publicación es un hito para el cual no se puede asegurar su cumplimiento, al ser una medida tipo política pública, debe estar acorde a los lineamientos de las autoridades locales.
Exigencia de uso de Xilohigrómetro.	MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA	Art. 14	Desde publicación	Medida no implementada	Medida sujeta a la implementación de la medida contenida en el artículo 13.

en comercio de leña			de Artículo 13		
Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 15	Inmediato	Medida implementada	La medida se encuentra implementada. Anualmente se realiza el Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca. Se indica que se programan 10 fiscalizaciones anuales, consistentes en controles cameteros, los cuales pueden ser controles fijos o controles móviles, que resultan ser más efectivos. El rol de la SEREMI de Medio Ambiente es de coordinación, puesto que no tiene facultades fiscalizadoras. Esta actividad se coordina con CONAF, carabineros, SMA principalmente.
Programa anual de fomento y apoyo a la producción de leña seca	SEREMI AGRICULTURA	Art. 16	6 meses (diciembre 2017)	Medida implementada	El Servicio no reporta avance en el cumplimiento de esta medida para los años 2018, 2019 y 2020. En entrevista con profesional de CONAF (organismo a través del cual la SEREMI de Agricultura ejecuta esta medida) se entregó información respecto al desarrollo de actividades en torno al fomento del comercio de leña seca mediante actividades de transferencia, como un Plan Piloto: Financiamiento para la producción y el secado de leña en la Región de Los Ríos e identificación de la Cadena Productiva de Elaboración de Pellets de Madera, durante el año 2020. Se registraron en el periodo 2019/2020 otorgamiento de recursos a partir del fondo Leña+Seca en donde se financia maquinaria e infraestructura para comunas de la Región de Los Ríos.
Registro de comerciantes de leña	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 17	Inmediato	Medida implementada	El registro fue implementado en el plazo correspondiente. En el año 2021, se cuenta con un registro de 26 comerciantes de leña en Valdivia.
Reporte mensual de leña seca	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 18	2 meses (agosto 2017)	Medida implementada	El servicio reporta el cumplimiento de esta medida. Se realiza un reporte mensual con los puntos de venta de leña seca en la ciudad de Valdivia, en coordinación con SERNAC.
Acuerdo producción limpia comerciantes de leña	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 19	12 meses (junio 2018)	Medida no implementada	La SEREMI del Medio Ambiente indica que se realizaron reuniones con actores relevantes del rubro leñero. A partir de estas instancias determinaron que existen brechas importantes que no permiten elaborar un acuerdo de producción limpia asociado al

					comercio de leña, relacionado principalmente con la inexistencia de asociaciones gremiales y la alta informalidad del rubro. Se indica además que mientras estas brechas existan no es posible cumplir con el indicador de existencia de un APL.
Programa de incentivo y apoyo a la industria de dendroenergéticos distintos a la leña	SEREMI AGRICULTURA	Art. 20	6 meses (diciembre 2017)	Medida no implementada	El servicio no reporta avance en el cumplimiento de esta medida para los años 2018, 2019 y 2020. En entrevista con profesional de CONAF (organismo a través del cual la SEREMI de Agricultura ejecuta esta medida) no se conoce algún programa específico asociado a esta medida.
Diseño de indicadores de energía calórica de la leña	SEREMI Energía	Art. 21	12 meses (junio 2018)	Medida implementada	Los indicadores se publicaron mediante Resolución N° 13, de 2017 - Tabla de conversión de energía de la leña.
Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)	SMA	Art. 22.1	6 meses (diciembre 2017)	Medida implementada	Medida es incorporada dentro de la pauta de fiscalización al comercio de leña.
Xilohigrómetro	SMA	Art. 22.2	6 meses (diciembre 2017)	Medida implementada	Medida es incorporada dentro de la pauta de fiscalización al comercio de leña.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Estado de avance de las medidas – sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda *

Medida general	Institución	Artículo PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes	MINVU	Art. 23	Inmediato (10 años plazo)	Medida implementada con atraso en ejecución	El PDA establece una meta de 18.000 subsidios de aislación térmica en viviendas, en el plazo de 10 años, con un supuesto de implementación de 1.800 subsidios anuales. La revisión de antecedentes indica que se han ejecutado 1.877 subsidios acumulados al año 2021 (10% meta total). Esto se traduce en que se han implementado en 4 años lo que se establecía como meta anual. Por lo tanto, la medida se ha ejecutado, pero con atraso en su tasa de implementación. Respecto al reporte, el MINVU no envía el avance en el cumplimiento de esta medida para los años 2018, 2019 y 2020. Luego para el año 2021, es la

					SEREMI MINVU la que realiza el reporte del estado de avance.
Llamados especiales Subsidio Acondicionamiento térmico	GORE	Art. 24	Inmediato	Medida No implementada	Para esta medida el organismo encargado del reporte de su ejecución es el GORE. Para el año 2018 y 2019 el organismo indica que no existieron llamados especiales para subsidios de acondicionamiento térmico. Luego, para los años 2020 y 2021 no se reporta avance a la SMA. En reunión con profesional del GORE se indica que no han existido estos llamados especiales.
Programa de subsidio adicional para ampliaciones no regularizadas	MINVU	Art. 25	Inmediato	Medida No implementada	El servicio no reporta el avance en la implementación de esta medida.
Norma de aislación térmica para subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes	SERVIU	Art. 26	Inmediato	Medida implementada	Para el año 2018 no se reporta avance en la implementación de la medida. Luego para el año 2019 se indica que se establecieron los criterios para implementar los estándares de eficiencia térmica. Se indica además que 747 viviendas se les asignó el subsidio sobre 1.243 viviendas postulantes.
Estándares iniciales acondicionamiento térmico (subsidio)	DOM	Art. 27	12 meses (junio 2018)	Medida no reportada	Medida no reportada por la DOM para ningún año en evaluación.
Estándares finales acondicionamiento térmico (viviendas nuevas)	SERVIU (VIVIENDAS SUBSIDIO) DOM (VIVIENDAS NUEVAS)	Art. 28	24 meses (junio 2019)	Medida reportada parcialmente	El SERVIU da cuenta del estado de implementación de esta medida indicándose que el 2020 se establecieron 552 beneficiarios que cumplen con los estándares a través del subsidio sobre 693 postulantes. Luego para el año 2021 se reporta un 80,9% de beneficiarios que cumplen sobre los postulantes. Para el caso del DOM, asociado a los estándares para viviendas nuevas, este servicio no reporta el cumplimiento de la medida para los años en evaluación.
Fiscalización de los subsidios de acondicionamiento térmico	SERVIU	Art. 29	Inmediato	Medida implementada	El SERVIU realiza periódicamente las actividades de fiscalización de los subsidios térmicos en viviendas. Se reporta anualmente el número de actividades realizadas.
Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia	SERVIU	Art. 30	6 meses (diciembre 2017)	Medida implementada	Para los años 2018 y 2019 la SEREMI MINVU reporta la ejecución de un programa de capacitación para dar a conocer las exigencias incorporadas en el Plan y los aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda

energética de la vivienda					y ejecución de las obras de acondicionamiento térmico, dirigidas a empresas, entidades patrocinantes, constructoras, etc., que consideró la entrega de información en relación a los aspectos técnicos de esta medida en el POA. Para los años 2020 y 2021 se suspendieron estas actividades por la contingencia sanitaria COVID-19.
Evaluación de nuevos materiales aislantes en base a madera	MINVU	Art. 31	Inmediato	Medida no reportada	El servicio no reporta el estado de implementación de la medida para los años en evaluación.
Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	MINVU	Art. 32	24 meses (junio 2019)	Medida no reportada	Al MINVU le corresponde reportar el estado de avance en la implementación de esta medida en lo que dice relación con la aplicación de los resultados obtenidos a partir del estudio, sin embargo, el servicio no reporta el estado de implementación de la medida para los años en evaluación.
Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo	MMA MINVU	Art. 33	48 meses (junio 2021)	Medida no implementada	El MMA informa que por recursos limitados y por contingencia sanitaria COVID-19, esta medida no se ha priorizado.

* De acuerdo a lo establecido en Ord. N° 0184, de fecha 8 de febrero de 2018, la Seremi de la Región de Los Ríos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo señaló que las medidas contenidas en los artículos 23, 25, 28 N° 5 y 31 del Plan de Desccontaminación Ambiental para la comuna de Valdivia, que inicialmente fueron designadas a dicho servicio, correspondían al Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Estado de avance de las medidas – sector Regulación Calderas y otras fuentes

Medida general	Institución Responsable	Art. POA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Norma calderas nuevas PTN < 75kWt	SMA	Art. 34	Inmediata	No aplica	Esta medida se encuentra vigente, y aplica a calderas nuevas con PTN < 75kWt. Para el periodo evaluado no se han registrado calderas nuevas en este rango de potencia por parte de la SMA, por lo tanto, se indica que no existe el objeto de fiscalización.
Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt	SMA	Art. 35	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas:	SMA	Art. 35	Existentes: 36 meses (junio 2020)	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.

existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt					
Límites de emisión de SO ₂ para calderas nuevas con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt	SMA	Art. 36	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
Límites de emisión de SO ₂ para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt	SMA	Art. 36	Existentes: Enero 2019 Enero 2023	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
Monitoreo continuo de emisiones para MP y SO ₂ para calderas con potencia térmica nominal por sobre 20 MWt	SMA	Art. 37	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
	SMA		Existentes: 36 meses (junio 2020)	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
	SMA		Inmediato	Medida implementada	Se cuenta con Res. Ex. N° 627/2016 que aprueba protocolo y Res N° 128/2019 para mediciones discretas
Monitoreo discreto de emisiones para MP y SO ₂ para calderas con potencia térmica nominal entre 75 kWt y 20 MWt	SMA	Art. 38	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
	SMA		Existentes: 36 meses (junio 2020)	Medida implementada	Se cuenta con Res. Ex. N° 627/2016 que aprueba protocolo y Res N° 128/2019 para mediciones discretas
Registro de calderas	SEREMI DE SALUD	Art. 39	Inmediata	Medida implementada	La Seremi de Salud informa que mantiene un registro de calderas actualizado, adjuntándose el archivo correspondiente.
Corrección de oxígeno de los valores medidos de emisión en chimenea	SMA	Art. 40	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
	SMA		Existentes: 36 meses (junio 2020)	Medida implementada	Las fiscalizaciones se desarrollan de acuerdo al Programa Anual de fiscalizaciones.
Estudios	MMA	Art. 41	36 meses (junio 2020)	Medida implementada	Estudio medidas de eficiencia energética en el sector industrial, institucional y público (ID Mercado Público 608897-84-LE17), éste finalizó durante el año 2018.

Programa Piloto de Recambio de Calderas en organismos públicos.	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 42	48 meses (junio 2021)	Medida implementada	Medida fue reportada y respaldada en informe de reporte de actividades realizadas durante el año 2019. (Ord N°22 del 29 de enero de 2020, de la Seremi de Medio Ambiente de la región de Los Ríos)
APL Mejoramiento tecnológico del sector panaderías	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 43	12 meses (junio 2018)	Medida no implementada	La Seremi del Medio Ambiente informó que, en conjunto con la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, desarrollaron acciones pertinentes para proponer un acuerdo de producción limpia con el rubro panadero, sin embargo, no existe una asociación gremial en el rubro que permita agrupar y facilitar la implementación de APL.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Estado de avance de las medidas – sector Quemaz agrícolas

Medida general	Institución Responsable	Art. FDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Prohibición de quemaz agrícolas del 1º de mayo al 30 de septiembre	CONAF	Art. 44	Inmediata	Medida implementada	CONAF establece anualmente un programa de fiscalizaciones que contempla la fiscalización de esta medida. El servicio reporta de manera anual las fiscalizaciones y los incumplimientos.
Plan de difusión sobre quemaz	SEREMI AGRICULTURA CONAF	Art. 45	Inmediata	Medida implementada	CONAF envía la programación anual de actividades de difusión a la SEREMI del Medio Ambiente. Reporta además la realización de las charlas.
Programa de buenas prácticas agrícolas	SEREMI AGRICULTURA	Art. 46	12 meses (junio 2018)	Medida no implementada	Se reporta que a los agricultores se les ha informado mediante cartillas informativas y/o presentaciones las Alternativas agronómicas al uso del fuego, incorporando a los pertenecientes a Prodesal de la comuna de Valdivia, además se llevaron a cabo actividades en plazas ciudadanas para informar a la comunidad. Se informa, además, que se presentó al FNDR el "Programa de transferencia de buenas prácticas en la producción, comercialización y consumo de leña seca en la región de los Ríos" Código BIP 3D475137-0, y mediante el Ord. N°69 del 26/03/2019 de la Seremi de Agricultura, se señala que la iniciativa no fue priorizada por el Core. Sin embargo, el alcance del Programa no tiene relación con el reemplazo del fuego en las prácticas agrícolas. Por lo tanto, el indicador de esta medida no se puede considerar como logrado.

Prohibición de quemar al aire libre o quemar abiertas.	SAG CONAF	Art. 48	Inmediata	Medida no implementada	El PDA asigna esta medida al SAG o CONAF en el ámbito de sus competencias. Sin embargo, esta medida no es parte de las actividades de fiscalización de estos servicios, por encontrarse fuera de sus competencias. El Informe de la SMA no aborda esta medida como parte del seguimiento de su implementación.
--	--------------	---------	-----------	------------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Estado de avance de las medidas – sector Transporte

Medida general	Institución responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Programa de Renovación de Buses	SEREMI de Transporte	Art. 49	5 años (junio 2022)	Medida implementada	Meta cumplida el año 2019 (100 recambios, meta 80)
Programa de control de MP para vehículos del transporte público y de carga en la zona saturada.	SEREMI de Transporte	Art. 50	6 meses (diciembre 2017)	Medida implementada	El Servicio informa anualmente el resultado de los controles a buses urbanos, rurales y transporte de carga.
Exigencias orientadas a reducir emisiones para buses del transporte público	SEREMI de Transporte	Art. 51	7 años (junio 2024)	Medida implementada	La totalidad de los buses urbanos tiene sello verde. En la actualidad la totalidad de los buses cumple con D.S. 55/94. (338)
Bases licitación nuevas concesiones PRT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	Art. 52	Inmediata	Medida no implementada	En la actualidad aún están vigentes las concesiones que no exigen uso de ASM. Se espera que para 2025 o 2026 contar con ese equipamiento.

Fuente: Elaboración propia

Medidas de Educación y Otras Complementarias

Además de las medidas estructurales, el PDA Valdivia considera medidas de educación ambiental, y otras complementarias. El resumen de estas medidas se presenta a continuación en la Tabla 28.

Tabla 28. Clasificación de medidas de educación y otras complementarias

Regulación	Descripción
Capítulo VI – COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE PROYECTOS EN LA ZONA SATURADA EN EL MARCO DEL SEIA.	Art. 53 al Art. 57 Establece exigencia de compensar emisiones de proyectos en la zona saturada en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Capítulo VII: PLAN OPERACIONAL PARA ENFRENTAR EPISODIOS CRÍTICOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.	Art. 58 al Art. 68 Establece medidas asociadas al Plan operacional para la gestión de episodios críticos en la comuna de Valdivia.
Capítulo VIII: DIFUSIÓN, SENSIBILIZACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN A LA COMUNIDAD	Art. 69 al Art. 71 Indica diferentes estrategias y compromisos de difusión y educación ambiental en torno a la contaminación atmosférica.
Capítulo IX: FISCALIZACIÓN, VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN Y ACTUALIZACIÓN	Art. 72 al Art. 75 Establece medidas asociadas a la fiscalización y verificación de las medidas contenidas en el PDA, así como la actualización del mismo. Establece mecanismos de seguimiento y plazos para la actualización.
Capítulo X: DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS	Art. 76 al Art. 80 Establece medidas de tipo complementaria a los ejes estructurales que consideran estudios, investigación y otros.

Fuente: Elaboración propia

Se presenta a continuación el resumen de la implementación de las medidas de educación y complementarias, según capítulo del PDA Valdivia.

Tabla 29. Estado de avance de las medidas – Educación Ambiental

Medida general	Institución responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS)	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 69	6 meses creación CIEDS (dic 2017) 12 meses Reglamento (jun 2018) 6 meses posterior al Reglamento "PROFOCAC-PDA" (dic 2018)	Medida implementada	La Seremi del Medio Ambiente reportó que, durante el primer periodo del Plan, con fecha 31 de agosto del 2017 se procedió a constituir el Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS), el cual fue formalizado por la Resolución Exenta N° 1489, de 2017 del MMA, la cual designa los integrantes del CIEDS. Respecto al Reglamento del CIEDS, la Seremi del Medio Ambiente señala que este fue aprobado con fecha 15 de junio del año 2018 mediante acta, dando así cumplimiento a la medida del plan. Además, la Seremi de Medio Ambiente informa que se encuentra elaborado el "Programa de fortalecimiento de conciencia ambiental ciudadana" para el PDA Valdivia.

Financiamiento CIEDS (Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable)	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 70	Después de la elaboración del PROFOCAC-PDA	Medida implementada	Se adjunta oficio memo N° 005 del 6 de enero de 2022, el cual da cuenta de solicitud de financiamiento para CIEDS
Temática calidad del aire en establecimientos educacionales municipalizados	SEREMI MEDIO AMBIENTE	Art. 71	Inmediata	Medida implementada	Se realizó reunión de coordinación entre la Directora del DAEM (s) y funcionarios de la SEREMI del Medio Ambiente, con el objetivo de solicitar la incorporación de los contenidos de calidad de aire en los lineamientos estratégicos del PADEM. (Oficio de Invitación: ORD N° 166 del 30 de agosto del 2021 de la SEREMI del Medio Ambiente)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Estado de avance de las medidas – GEC

Medida general	Institución responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Sistema de seguimiento de la calidad del aire	SEREMI del Medio Ambiente Intendencia Regional (Actual delegación presidencial)	Art. 58.a)	Inmediato	Medida implementada	Se mantiene un sistema de seguimiento de calidad del aire para MP10 y MP2,5. Se realizan reportes mensuales de calidad del aire de carácter público en la Plataforma Regional del Ministerio del Medio Ambiente. Se cuenta con metodología de pronóstico de calidad del aire para material particulado. Se elaboran documentos de pronóstico de calidad del aire los cuales son derivados a la Intendencia Regional (actual Delegación Presidencial)
Sistema de pronóstico de calidad del aire para MP 2,5 y MP10		Art. 58.b)			
Plan comunicacional GEC		Art. 58.c)			
Informe diario a la Intendencia		Art. 58.d)			
Medidas de prevención y mitigación durante el periodo de gestión de episodios críticos.		Art. 58.e)			
Seguimiento a la calidad de aire por MP10 y MP2,5, y meteorología. Información respecto a episodios críticos.	SEREMI del Medio Ambiente	Art. 59	Inmediato	Medida implementada	Se mantiene un sistema de seguimiento de calidad del aire para MP10 y MP2,5. Se realizan reportes mensuales de calidad del aire de carácter público en la Plataforma Regional del Ministerio del Medio Ambiente.
Implementación sistema de pronóstico para MP10 y MP2,5	SEREMI del Medio Ambiente	Art. 60	Inmediato	Medida implementada	Se cuenta con metodología de pronóstico de calidad del aire para material particulado. Se elaboran documentos de pronóstico de calidad del aire los cuales son derivados a la Intendencia Regional (actual Delegación Presidencial)

Plan comunicacional de difusión a la ciudadanía, durante la GEC, informando calidad de aire, pronóstico para MP2,5 y medidas a implementar.	SEREMI del Medio Ambiente	Art. 61	Inmediato	Medida implementada	Se cuenta con registro de información diaria y horaria de calidad de aire, durante el periodo GEC, y todo el año en plataforma SINCA del MMA. El registro de información diaria a la comunidad del estado de calidad de aire esperado para el día siguiente en periodo GEC es entregado por plataforma web http://airechile.mma.gob.cl y http://airevaldivia.mma.gob.cl Se envía diariamente información a los organismos que deben implementar medidas y/o acciones definidas en el plan operacional en periodo GEC se realiza mediante correo electrónico interno gec.valdivia@mma.gob.cl , esto con el objeto de agilizar la entrega de esta información, para que los organismos competentes generen las debidas acciones relacionadas a GEC.
Procedimiento para la declaración de un episodio crítico de MP2,5.	SEREMI del Medio Ambiente Intendencia Regional (Actual delegación presidencial)	Art. 62	Inmediato (1° abril de 2017)	Medida implementada	Se elaboran documentos de pronóstico de calidad del aire los cuales son derivados a la Intendencia Regional (actual Delegación Presidencial). Se cuenta con el registro de las resoluciones de Delegación Presidencial que decretan episodio.
Subdivisión de polígonos territoriales para gestión de episodios en la zona saturada	SEREMI del Medio Ambiente	Art. 63	Inmediato (1° abril de 2017)	Medida implementada	Se cuenta con resolución que determina zonas territoriales para aplicación de GEC.
Exigencias y prohibiciones en Alerta, Pre emergencia y Emergencia	SEREMI de Salud	Art. 64	Inmediato (1° abril de 2017)	Medida implementada	Para los años 2018 y 2019 la SEREMI de Salud reporta número de fiscalizaciones y sumarios sanitarios. Para el año 2020 por contingencia COVID-19 no se realizaron actividades de fiscalización PDA.
Exentos de GEC proyectos inmobiliarios con calefacción distrital o energía comunitaria		Art. 65	Inmediato (1° abril de 2017)	No aplica	No existe el sujeto de exención
Información oportuna de GEC a establecimientos educacionales	SEREMI de Educación	Art. 66	Inmediato (1° abril de 2017)	Medida implementada	La comunicación en periodo GEC que realiza la Seremi de Educación, se realiza vía correo electrónico a los establecimientos educacionales, recomendando cambiar las actividades de esos días, por las

					actividades sugeridas en la guía de recomendaciones de actividad física.
Suspensión de actividades física en establecimientos educacionales	SEREMI de Educación	Art. 67	Inmediato (1° abril de 2017)	Medida implementada	La comunicación en período GEC que realiza la Seremi de Educación, se realiza vía correo electrónico a los establecimientos educacionales, recomendando cambiar las actividades de esos días, por las actividades sugeridas en la guía de recomendaciones de actividad física.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Estado de avance de las medidas – Fiscalización

Medida general	Institución responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Fiscalización del PDA por parte de la SMA y generación de subprogramas de fiscalización	SMA	Art. 72	inmediato	Medida implementada	La SMA genera programación anual de las actividades de fiscalización en torno a las medidas del PDA a su cargo. Por otra parte, cuenta con informes anuales del estado de avance de medidas e instrumentos del PDA Valdivia, para los años 2018, 2019 y 2020. El informe para el año 2021 se encuentra en proceso de elaboración.
Programa de fiscalización anual de las medidas del PDA	SMA	Art. 73	inmediato		
Informe de cumplimiento anual de las medidas del PDA por parte de la SMA	SMA	Art. 74	inmediato (anual)		
Revisión y actualización del PDA en 5 años	MMA	Art. 75	5 años (junio 2022)	Medida no vigente al año 2021	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Estado de avance de las medidas – Complementarias

Medida general	Institución responsable	Art. PDA	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Actualización inventario de emisiones	SEREMI del Medio Ambiente	Art. 76	inmediato (implementado durante el periodo de vigencia del PDA)	Medida en implementación	Medida en ejecución durante año 2022

<p>Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA, a fin de solicitar el financiamiento que asegure dicho cumplimiento.</p>	<p>Todos los servicios</p>	<p>Art. 77</p>	<p>Inmediato</p>	<p>Medida implementada parcialmente</p>	<p>El cumplimiento de esta medida es variable según el servicio, ya que la mayoría de las instituciones no cuentan con una glosa específica destinada a PDA, sino que las medidas son desarrolladas en el marco del trabajo de la propia institución. Solo en el caso de la SEREMI del Medio Ambiente se identifican presupuestos específicos asociados a medidas PDA, dado que tienen a su cargo metas específicas asociadas al Recambio de Calefactores, como medida estructural. Luego SEREMI MINVU indica que los recursos asociados al Subsidio de Mejoramiento Térmico se gestionan directamente a nivel central del Ministerio.</p>
<p>Auditoría Plan de Descontaminación</p>	<p>SEREMI del Medio Ambiente</p>	<p>Art. 78</p>	<p>al cuarto año (junio 2021)</p>	<p>Medida en implementación</p>	<p>Medida en ejecución durante año 2022.</p>
<p>Cicloviás</p>	<p>SEREMI Vivienda y Urbanismo</p>	<p>Art. 79</p>	<p>inmediato (implementado durante el periodo de vigencia del PDA)</p>	<p>Medida implementada</p>	<p>Se reporta hasta el año 2020 la recepción de 12,01 km de cicloviás, y para el año 2021 se reporta que se encuentra en licitación 3,75 km. Estando el valor cercano a la meta de 20 km en el periodo de implementación del PDA Valdivia.</p>
<p>Publicación Normas Chilenas relativas al Plan</p>	<p>Ministerio del Medio Ambiente</p>	<p>Art. 80</p>	<p>Inmediato</p>	<p>Medida implementada</p>	<p>Para la medida reportada por el e informó que para la suscripción del convenio con el Instituto Nacional de Normalización (INN) que tiene como finalidad poner a disposición de público las Normas Chilenas a las que hace referencia el PDA Valdivia, estas se encuentran ya publicadas desde agosto 2018 en la página web del MMA.</p>

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES – MEDIDAS ESTRUCTURALES

5.3.2.1 Sector Residencial

La ecuación general de estimación de emisiones se presenta a continuación, que basa su cálculo en el producto del nivel de actividad de la fuente con un factor de emisión del contaminante específico.

$$E_{ij} = \text{Nivel de actividad}_j \times FE_j$$

Donde:

- E_{ij} : Emisión [gr/año] del contaminante i por la fuente emisora j .
- $\text{Nivel de actividad}_j$: Nivel de actividad de la fuente emisora j .
- FE_j : Factor de emisión de la contaminante i para la fuente emisora j

La reducción de emisiones por la implementación de las medidas se estimará como un delta (ΔE), entre las emisiones de línea de base establecidas en el Plan (E_0) y las emisiones estimadas luego de la implementación de las medidas (E_f), tal como se presenta a continuación.

$$\Delta E = E_0 - E_f$$

Así, las emisiones de la línea de base se estiman a partir de niveles de actividad y factores de emisión establecidos.

$$E_0 = FE_0 \cdot NA_0$$

La implementación de las medidas contenidas en el Plan, provocarán un impacto en el nivel de actividad y en los factores de emisión, según la fuente que se está regulando y para estimar la emisión asociada a este escenario, se debe considerar la efectividad de la medida ($Efect$).

$$E_f = FE_f \cdot NA_f \cdot Efect$$

Es necesario tener en cuenta que tanto los FE como el nivel de actividad no son estáticos y varían durante el horizonte de tiempo según la entrada en vigencia de las medidas y regulaciones impuestas por el Plan.

Para poder dimensionar el impacto de las medidas implementadas, en primer lugar, corresponderá conocer la línea base de las emisiones, esto es, cuál sería el escenario de emisiones proyectadas, en ausencia del PDA Valdivia, y compararla con la estimación de



emisiones proyectada considerando la implementación del PDA, para lo cual se requiere la actualización del inventario de emisiones en el área de estudio.

Estimación de emisiones - Escenario PDA

A continuación, se presentan alcances asociados al escenario de implementación del PDA Valdivia, en el periodo 2017-2021. Se debe tener presente que el escenario PDA corresponde a la situación real, por lo que los alcances proyectados han sido configurados a partir de la evidencia observada. Para la evaluación de este escenario se consideró la implementación de 7 medidas relacionadas al sector residencial contenidas en el PDA, a saber:

Tabla 33. Medidas consideradas para evaluar el impacto en el sector residencial del escenario PDA

ID	Medida	Descripción
M1	Subsidio al mejoramiento térmico de viviendas	<p>Corresponde a la entrega de subsidios de mejoramiento térmico de viviendas existentes. La medida apunta a reducir la demanda energética de las viviendas, lo que se traduce en un menor consumo de leña, o en su defecto, la posibilidad de migrar a otro combustible. El PDA define una meta de 18.000 subsidios de mejoramiento térmico, en un horizonte de 10 años, lo que supone una tasa de implementación anual de 1.800 subsidios anuales.</p> <p>El nivel de implementación actual es de 1.877 subsidios acumulados entre el periodo 2018 y 2021 (año 2018: 371; Año 2019: 624; Año 2020: 552; Año 2021: 330 subsidios), correspondiente a una tasa de implementación actual de 470 subsidios/año, esto equivale en su totalidad a un 10% de la meta propuesta por el PDA.</p>
M2	Mejoramiento de la calidad de la leña.	<p>El PDA establece, para esta medida, la publicación de una ordenanza municipal que regule el comercio de leña seca. Sin embargo, al año de evaluación 2021 aún no se publica la ordenanza municipal.</p>
M3	Programa de recambio de calefactores	<p>El PDA Valdivia busca mejorar la calidad de los artefactos en la zona saturada, mediante la renovación del parque de artefactos en uso, reemplazando viejas tecnologías, por sistemas más eficientes y menos contaminantes.</p> <p>Esta medida contempla un programa de recambio voluntario de calefactores (PRC), con financiamiento público, para impulsar esta renovación. En efecto, la medida establece la implementación de un PRC para el reemplazo de 26.000 en uso en un plazo de 8 años. Esto supone una tasa de implementación de 3.250 recambios anuales. Al año 2021 el nivel de implementación alcanza los 3.617 recambios ejecutados, a una tasa anual promedio de 723 calefactores.</p> <p>El porcentaje de cumplimiento actual es del 14% de la meta total de recambios.</p>

M4	Mejoramiento de calefactores por iniciativas particulares	Corresponde a renovación de los sistemas de calefacción, por parte de usuarios que no adjudican el PRC con subsidio estatal. Aglutina a usuarios que adoptan el cambio a partir de medidas restrictivas para ciertas tecnologías, o que bien, adoptan un cambio a partir de las nuevas alternativas que ofrece el mercado, en un contexto de evolución tecnológica, contribuyendo indirectamente a los objetivos del PDA.
M5	Mejores hábitos de operación del artefacto	Corresponde a una medida que busca abandonar las malas prácticas en la operación de los artefactos de combustión de leña, que derivan en altas tasas de emisión. En términos sencillos, se asocia a la práctica de ahogar la cámara de combustión, para prolongar la duración de la carga de leña (cierre de tiraje).
M6	Mejoramiento de artefactos mediante implementación de proyectos SEIA.	Corresponde, básicamente, a proyectos inmobiliarios de viviendas nuevas que, en el marco de la evaluación ambiental, y para evitar someterse a un programa de compensación de emisiones, consideran la entrega de la vivienda con un sistema de calefacción eficiente, de combustible diferente a leña, ya instalado.
M7	Norma térmica de construcción (viviendas nuevas).	Corresponde a los nuevos estándares de construcción para viviendas nuevas, aplicado en doble instancia, para proyectos con permiso de construcción a partir del año 2017 y 2018, respectivamente. Implica una reducción de la demanda energética, que se traduce en un ahorro en el consumo de leña de aproximadamente un 17% respecto del caso base.

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se establece una metodología para determinar el stock de artefactos en uso en el periodo 2017-2021, de los cuales, el año 2017 correspondería al año base, y el periodo 2018-2021, los años de implementación del PDA. Para lo anterior, se utiliza como referencia principal, los antecedentes disponibles en la actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Valdivia, del año base 2021. Luego, de manera retrospectiva, y haciendo uso de las diferentes fuentes de información disponibles, principalmente, a partir del universo de viviendas tipo casa, la penetración del uso de leña, y el número de recambios realizados a través del programa de recambio de calefactores (PRC) se logra establecer el stock de artefactos en uso para el año base 2017.

Para un mejor entendimiento de las tecnologías de calefacción que forman parte del parque de artefactos se presenta en la Tabla 34.

Tabla 34. Definición de las tecnologías de calefacción según el PDA Valdivia [1]

ID	Medida
Cocina a leña	Artefacto que combustiona o puede combustionar leña diseñado para

	transferir calor a los alimentos, que también puede estar provisto de un horno no removible.
Salamandra	Calefactor de cámara simple y de fierro fundido.
Combustión Lenta sin templador (S/T)	Calefactor que posee sólo entrada de aire primario
Combustión Lenta con templador (C/T)	Conocidos como combustión lenta de doble cámara, por la presencia de templador que permite la inyección de aire secundario a la combustión.
Chimenea	Artefacto para calefacción de espacios, construido en albañilería, piedra, metal u otro material, en el que la combustión de leña u otro combustible sólido se realiza en una cámara que no cuenta con un cierre y, por tanto, está desprovista de un mecanismo adicional a la regulación del tiraje, que permita controlar la entrada de aire
Calefactor Hechizo	En el análisis se presenta como "otras". El calefactor Hechizo corresponde a un artefacto a leña utilizado para la calefacción y/o cocción de alimentos. Se fabrica en hojalaterías o talleres de forma artesanal. No posee templador, tiene evacuación directa de gases de combustión y son reconocibles por la falta de terminaciones y soldaduras visibles en sus uniones.
Calefactor certificado	Artefacto que combustiona o puede combustionar leña con una potencia térmica nominal menor o igual a 25kW, de alimentación manual o automática, de combustión cerrada, provisto de un ducto para la evacuación de gases al exterior, destinado a la calefacción en el espacio en que se instala y su alrededor y que cumple con los límites de emisión establecidos en el D.S. N°39/2014 del MMA.

En la Tabla 35 se presenta, la evolución observada para el stock de artefactos de combustión residencial de biomasa en uso, a partir de la implementación del PDA Valdivia; a partir del cual se derivan alcances referidos al consumo anual de leña, y evidentemente, de sus emisiones de MP2,5.

Tabla 35. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Esc. PDA.

Artefacto	Año base 2017	Año Evaluación 2021
	s/PDA	c/PDA
Cocina a Leña	19.048	12.808
Salamandra	588	356
Combustión Lenta S/T	5.282	3.660
Combustión Lenta C/T	23.492	16.112
Chimenea y otras	909	356
Calefactor certificado	2.303	9.911
TOTAL ART. USAN LEÑA	51.622	43.203
TOTAL ART. USAN PELLET	1.528	10.724

Fuente: elaboración propia.

1. Año base 2017. Corresponde al año en que comienza la implementación del PDA MP2,5, donde aun no se observa efecto de las medidas.

2. Los datos del año 2017 fueron obtenidos a partir de antecedentes aportados en el inventario nacional efectuado el año 2018.

De lo presentado, se puede observar, para el periodo evaluado, una reducción en el stock de artefactos que combustionan leña, aun cuando previamente observamos un aumento en el parque de viviendas. Esta reducción se hace evidente para los artefactos tipo cocina, salamandra, combustión lenta y chimeneas de hogar abierto, aun cuando se observa un aumento en el número de calefactores a leña certificados. Lo más significativo resulta ser el importante incremento en el número de calefactores a pellet, alcanzando cerca del 20% del stock total de artefactos residenciales. Esto es un indicador claro de la evolución que está experimentando el sector.

En consecuencia, con lo anterior, esto es, con la variación en el parque de artefactos en uso, se observa, para el periodo de implementación del PDA MP2,5 para Valdivia (2018-2021), una significativa disminución en el consumo de leña, cercana al 22%, aproximadamente.

Tabla 36. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m³ st) – Escenario PDA

Artefacto	Año base s/PDA 2017	Año Evaluación c/PDA 2021	Reducción PDA 2017-2021
Cocina a Leña	169.029	107.674	
Salamandra	5.218	2.991	
Combustión Lenta S/T	46.871	30.764	
Combustión Lenta C/T	208.463	107.674	
Chimenea y otras	8.066	2.991	
Calefactor certificado	18.391	74.987	
Calefactor pellet	2.075	15.048	
TOTAL	456.039	354.853	- 22,1%

Fuente: elaboración propia.

1. Considera el impacto asociado a una menor demanda energética para calefaccionar viviendas, derivado de: subsidios de mejoramiento térmico.
2. Considera mayor eficiencia de los calefactores certificados, lo que se refleja en un ahorro de un 10% respecto del consumo promedio de leña para otras tecnologías.

Respecto de este alcance, corresponde señalar que no solo impacta el menor número de calefactores a leña en uso, sino que también una menor demanda de energía, en este caso a leña, que obedece a los mejores estándares de construcción de viviendas y a la entrega de subsidios de mejoramiento térmico para viviendas existentes, ambas medidas que han sido implementadas a través del PDA MP2,5.

Finalmente, en la Tabla 37, se presenta el indicador más relevante para evaluar la implementación del PDA MP2,5 Valdivia, correspondiente a las emisiones de MP2,5. Para su estimación, se consideró la interacción de 6 medidas implementadas a través del PDA MP2,5 Valdivia indicadas previamente.

Tabla 37. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – Escenario PDA

Artefacto	Año base s/PDA	Año Evaluación c/PDA	Reducción PDA
	2017	2021	2017-2021
Cocina a Leña	1.472,2	829,5	
Salamandra	51,8	21,8	
Combustión Lenta S/T	515,1	887,8	
Combustión Lenta C/T	1.481,6	887,8	
Chimenea y otras	62,4	17,1	
Calefactor certificado	63,9	216,6	
Calefactor pellet	3,7	26,6	
TOTAL	3.650,8	2.298,8	37,0%

Fuente: elaboración propia.

1. Las variables utilizadas en la ecuación de cálculo corresponden a consumo de leña y su distribución de calidad, distribución del tipo de leña (13% nativa y 87% exótica), densidades según tipo de leña y humedad, prácticas de operación de los artefactos, y factores de emisión según tipo de artefactos, calidad de leña y prácticas de operación.
2. Considera la entrega de 1.877 subsidios de mejoramiento térmico a viviendas existentes, con una reducción estimada del consumo de leña, entre un 20% y un 30%.
3. Considera un mayor uso de leña seca, pasando de un 22% el año base, a un 56% el año 2021.
4. Considera el recambio de 3.617 calefactores a leña, de los cuales la totalidad corresponden a calefactores que usan un combustible distinto a la leña.
5. Considera una adopción de la población, de forma particular, a medidas referidas a la renovación de artefactos a leña de baja eficiencia (principalmente, renovación por calefactores certificados, en tecnología leña y pellet).
6. Considera el ingreso, en viviendas nuevas, de sistemas de calefacción que utilizan combustible diferente a la leña, mediante proyectos evaluados en el SGA.

Se observa, para las emisiones de MP2,5, una tendencia sostenida a la baja, acumulando entre el primer y el cuarto año de implementación de medidas, una reducción de aproximadamente un 37%.

Estimación de emisiones – Escenario Línea Base

Luego, como se indicó previamente, para poder dimensionar el impacto de las medidas implementadas a través del PDA MP2,5 Valdivia, se debe saber cuál habría sido la dinámica en ausencia de éste, lo que corresponde al escenario Línea Base. Este escenario muestra el comportamiento que hubiesen tenido los distintos elementos que caracterizan al sector residencial, en relación con el uso de leña y sus artefactos de combustión, si no se hubiese implementado el PDA MP2,5 de Valdivia. Se debe tener presente que el escenario línea base corresponde a una proyección hipotética ya que la realidad es que durante los últimos 4 años si hubo PDA MP2,5.

En primer lugar, se definieron las condiciones que configuran el escenario base para el uso de artefactos de combustión residencial de leña.

Tabla 38. Configuración del escenario base de combustión residencial de leña periodo 2017-2021.

Año	Viv. Tipo casa que usan Leña	Consumo promedio	Operación artefactos	Calidad de la leña
2017-2021	89,8% (Valdivia)	9,7 m ³ st (Valdivia)	60,0% Mala operación (Valdivia)	Leña seca: 22% Leña húmeda: 78% (Valdivia)

Fuente: elaboración propia a partir de antecedentes Inv. Emisiones Valdivia, año 2013 y año 2021.

A partir de todo lo que se conoce del escenario real, y el avance en la implementación de medidas, resulta más adecuado elaborar una proyección de la línea base, dentro de los parámetros más realistas posible.

De esta manera, se proyectó aspectos referidos al stock de artefactos de combustión residencial de leña en uso, el consumo anual de leña con distribución de calidad, y las emisiones de MP2,5, como se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 39. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Línea Base.

Artefacto	Año base s/PDA 2017	Año Evaluación s/PDA 2021	Reducción PDA 2017-2021
Cocina a Leña	19.048	14.872	
Salamandra	588	459	
Combustión Lenta S/T	5.282	4.124	
Combustión Lenta C/T	23.492	18.341	
Chimenea y otras	909	710	
Calefactor certificado	2.303	17.109	
TOTAL ART. USAN LEÑA	51.622	55.615	
TOTAL ART. USAN PELLE	1.528	1.929	

Fuente: elaboración propia.

1. Los resultados del año 2017 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.
2. Para el periodo 2017-2021, se realiza una proyección basada en el recambio natural, de un 6%, adoptado por los usuarios.

De lo presentado, se puede observar un aumento en el número de artefactos residenciales que utilizan leña, pasando de aproximadamente 52.000 artefactos el año base 2017, previo a la implementación del PDA, hasta alcanzar un número cercano a las 56.000 unidades el año 2021. El número total de artefactos residenciales que utilizan biomasa como combustible, aumenta en aproximadamente un 7% durante el periodo 2017-2021, proporcional al aumento del parque de viviendas tipo casa.

Respecto de este alcance, corresponde señalar que la única variable incorporada corresponde a la implementación de la norma para la certificación de calefactores a leña, que les demanda mejores prestaciones en rendimiento y emisiones, la cual entró en vigencia el mes de octubre del año 2014, y que regula en territorio nacional, la producción y comercialización de calefactores a leña. En atención a esto último, la renovación natural del

parque de calefactores en uso deriva en la incorporación de una nueva tipología de artefactos, los calefactores a leña certificados, cuyo aumento sostenido contrasta con la reducción observada para otras tipologías.

En consecuencia, con lo anterior, esto es, con el aumento del número de artefactos de combustión residencial de leña, se observa, para el periodo evaluado, 2017-2021, un incremento en el consumo de este energético, en aproximadamente un 3%.

Tabla 40. Consumo total de leña (m³ estéreos) y pellet (Ton) por tipo de artefacto - Línea Base.

Artefacto	Año base	Año Evaluación	Varación Línea
	s/PDA	s/PDA	Base s/PDA
	2017	2021	2017-2021
Cocina a Leña	169.029	130.954	
Salamandra	5.218	4.042	
Combustión Lenta S/T	46.871	36.313	
Combustión Lenta C/T	208.463	161.506	
Chimenea y otras	8.066	6.249	
Calefactor certificado	20.435	150.656	
Calefactor pellet	2.075	51.622	
TOTAL	458.083	489.722	+ 6,9%

Fuente: elaboración propia.

1. Los resultados del año 2017 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.
2. Para el periodo 2017-2021, se considera un consumo promedio de 8,78 m³ por vivienda.
3. Se considera que el consumo promedio de leña de los calefactores certificados es un 10% inferior a los artefactos convencionales.

Finalmente, y en relación a las emisiones de MP2.5, se observa una leve disminución, cercana al 10%. Esto último, no deja de ser importante, toda vez que, si bien hay un aumento en el número de artefactos, así como en el consumo total de leña, las emisiones registran una disminución, lo cual está asociado a los menores factores de emisión vinculados a los calefactores a leña certificados.

Tabla 41. Estimación de emisiones totales MP2.5 (Ton/año) según tipo de artefacto - Línea Base.

Artefacto	Año base s/PDA	Año Evaluación s/PDA	Reducción PDA
	2017	2021	2017-2021
Cocina a Leña	1.472,2	1.137,3	
Salamandra	51,8	40,0	

Combustión Lenta S/T	515,1	397,9	
Combustión Lenta C/T	1.472,2	1.129,7	
Chimenea y otras	62,4	48,2	
Calefactor certificado	71,0	521,9	
Calefactor pellet	3,7	4,6	
TOTAL	3.657,8	3.279,7	- 10,3%

Fuente: elaboración propia.

1. Los resultados del año 2017 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.
2. Las variables utilizadas en la ecuación de cálculo corresponden a consumo de leña y su distribución de calidad, distribución del tipo de leña (13% nativa y 87% exótica), densidades según tipo de leña y humedad, prácticas de operación de los artefactos, y factores de emisión según tipo de artefactos, calidad de leña y prácticas de operación.

Reducción de emisiones según medidas evaluadas – Escenario PDA

A continuación, se presenta el impacto en la reducción de emisiones asociado a las medidas implementadas para el sector residencial, a través del PDA MP2.5 Valdivia, y que fueron nombradas previamente. Se presentan los alcances asociados a cada una de ellas utilizados en la evaluación. Señalar que, para medir el impacto de cada medida, en el cálculo, se dejan constante todos los alcances que definen la implementación del PDA y se modifica o se eliminan los alcances de la medida en evaluación, así, la diferencia en emisiones se atribuye a dicha medida.

Al observar la Tabla 42, se destaca una reducción de 957 Ton MP2.5, que equivalen a una reducción del 29,2% del ESCENARIO PDA respecto del ESCENARIO LÍNEA BASE, cuando actúan todas las medidas del sector residencial. Luego, la medida que presenta un mayor aporte a lograr esta reducción corresponde al mejoramiento de la calidad de la leña, con un 28,9%.

Luego, le sigue el mejoramiento de calefactores a partir de iniciativas particulares de los usuarios, con un aporte del 24,4%, al contribuir en la renovación y modernización el parque de calefactores.

Le sigue la medida programa de recambio de calefactores con aporte del estado, con un aporte del 22,9%.

Tabla 42. Reducción de emisiones MP2,5 (Ton/año) según medida – Esc. PDA.

PDA	Año 2021	Reducción (Ton/año)	% RED.
ESCENARIO LÍNEA BASE SIN PDA	3.279,70	--	--
ESCENARIO CON PDA MP2.5	2.322,90	957	29,2%

Mejoramiento Térmico viv. existentes	2.374,50	52	5,4%
Uso de leña seca	2.599,30	276	28,9%
Programa recambio calefactores	2.541,90	219	22,9%
Mejoramiento calefactores particulares	2.556,60	234	24,4%
Mejores prácticas de operación	2.369,10	46	4,8%
Mejoramiento calefactores SEIA	2.339,10	16	1,7%

Fuente: elaboración propia.

Para entender la Tabla 42 se debe considerar que:

- Las emisiones del ESCENARIO LÍNEA BASE SIN PDA, corresponden a las emisiones proyectadas en ausencia de PDA MP2,5 TPLC.
- Las emisiones del ESCENARIO PDA, corresponden a las emisiones estimadas para el escenario real, con el avance de las medidas implementadas a la fecha para el sector residencial.
- Cada una de las medidas se evalúa a partir del escenario PDA. En efecto, para el cálculo se deja constante todas las variables usadas para evaluar el escenario PDA y se modifica únicamente los alcances de la medida en evaluación, así, la diferencia observada corresponde al aporte o impacto directo de la medida.

5.3.2.2 Sector Transporte

El capítulo V del PDA Valdivia aborda medidas asociadas al sector transporte. Específicamente el artículo 49 establece la medida que indica un Programa de Renovación de Buses, que contempla una meta de 80 buses en un periodo de 5 años, en la zona saturada. De acuerdo a la verificación del estado de avance de la medida se observó que al año 2019 ya se había cumplido la meta del total de buses recambiados. Considerando este número de vehículos, es posible establecer una reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida. Para estimar esta reducción se consideró calcular las emisiones provenientes de estos 80 buses con una tecnología antigua y lo que emiten con nueva tecnología. La diferencia entre ambos escenarios corresponde a la reducción de emisiones derivada de la implementación de la medida.

Se cuenta con antecedentes que indican que, al año 2017, la flota de buses del transporte urbano tenía una antigüedad promedio de 12 años³, por lo tanto, para la estimación de emisiones se consideró el factor de emisión de los vehículos retirados como Euro III-2000, bajo el supuesto que los vehículos retirados son más antiguos que el promedio. Luego,

³ Cuadro Nº 3.3 Identificación de los Servicios Urbanos – Valdivia, Informe Final "MEDICIONES DE DEMANDA DE PASAJEROS EN SERVICIOS DE BUSES Y TAXIBUSES DE VALDIVIA, División de Transporte Público Regional.

considerando que se analiza el Programa de Renovación de Buses al año 2019 se utilizará el mejor factor de emisión para la tecnología Euro V-2008.

Tabla 43. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – PDA

Parámetro	Descripción	Valor del parámetro				Fuente
Factor de Emisión	Corresponde al factor de emisión según categoría vehicular y tipo de tecnología. Para la estimación se consideró el uso de Euro III-2000 y Euro V, para buses antiguos y recambiados, respectivamente.	Categoría vehicular	Tecnología	MP10 (g/km)	MP2,5 (g/km)	Guía de Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana. SEREMI del Medio Ambiente Región Metropolitana. Año 2020.
		Buses urbanos estándar	Euro I-91ppci	0,479	0,479	
			Euro II-91ppci	0,220	0,220	
			Euro II-2000	0,207	0,207	
			Euro IV-2005	0,046	0,046	
			Euro V-2008	0,046	0,046	
Nivel de Actividad	Corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos (KRV), en este caso, se empleó el nivel de actividad para la categoría vehicular buses urbano, expresado en km/bus-año.	127.978 km/bus-año				Inventario de Emisiones Atmosféricas Valdivia, 2021.
		Para la categoría vehicular buses urbanos para Valdivia.				

Fuente: Elaboración propia

La reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida de renovación de buses se estima mediante las ecuaciones presentadas a continuación.

$$\text{Reducción emisiones } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) = \text{Emisiones vehículos antiguos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) - \text{Emisiones vehículos renovados } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right)$$

$$\text{Emisiones vehículos antiguos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) = N.A. \left(\frac{\text{km}}{\text{bus} - \text{año}} \right) \times F.E_{\text{EURO I}} \times N^{\circ} \text{ vehículos recambiados}$$

$$\text{Emisiones vehículos nuevos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) = N.A. \left(\frac{\text{km}}{\text{bus} - \text{año}} \right) \times F.E_{\text{EURO IV}} \times N^{\circ} \text{ vehículos recambiados}$$

La Tabla 44 presenta los resultados de la estimación de la reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida de renovación de buses. Esta medida plantea como meta el recambio de 80 buses, sin embargo, el servicio indica que al año 2019 se ejecutaron 100 renovaciones. Así, se estiman las emisiones de material particulado MP2,5, a partir de la emisión generada por los vehículos antiguos menos la emisión generada por los nuevos vehículos, lo que genera una diferencia de 2,1 ton/año de MP2,5.

Tabla 44. Reducción de emisiones por renovación de buses MP2,5

Variable	Valor
N° vehículos renovados	100
Red. Emis. Vehículos antiguos (Ton/año)	2,6
Red. Emis. Vehículos nuevos (Ton/año)	0,6
Reducción de emisiones (Ton/año)	2,1

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.3 Sector Fuentes Puntuales

En lo referente a la tendencia del inventario de emisiones de fuentes puntuales, entre los años 2017 a 2021 (Figura 5) se observa una clara disminución del MP10 y MP2,5, en los últimos 5 años. Respecto al año base 2013 (año sin PDA) y al año 2017 (año de inicio del PDA) se registra una reducción de 172 ton/año, luego, entre el año 2017 y 2021 se registra una reducción de 111 ton/año de MP2,5, lo cual se atribuye a la incorporación de equipos de control en las principales fuentes emisoras, además del recambio tecnológico a partir de la renovación de equipos como calderas, que antiguamente utilizaban leña y en la actualidad funcionan con combustibles como gas o petróleo. Esto motivado por la norma de emisión establecida en el PDA para fuentes existentes y nuevas, de mayor potencia existentes en la zona saturada. Es importante mencionar que en la zona saturada la gran mayoría de fuentes existentes no se encuentran sujetas a regulación por parte del PDA, dado que se establece que las calderas con potencia térmica nominal superior a 1MWt deben cumplir límite de emisión. Aun así, las emisiones presentan una importante reducción ya que las calderas de potencia mayor son menores en número, pero las más relevantes en términos de emisiones generadas.

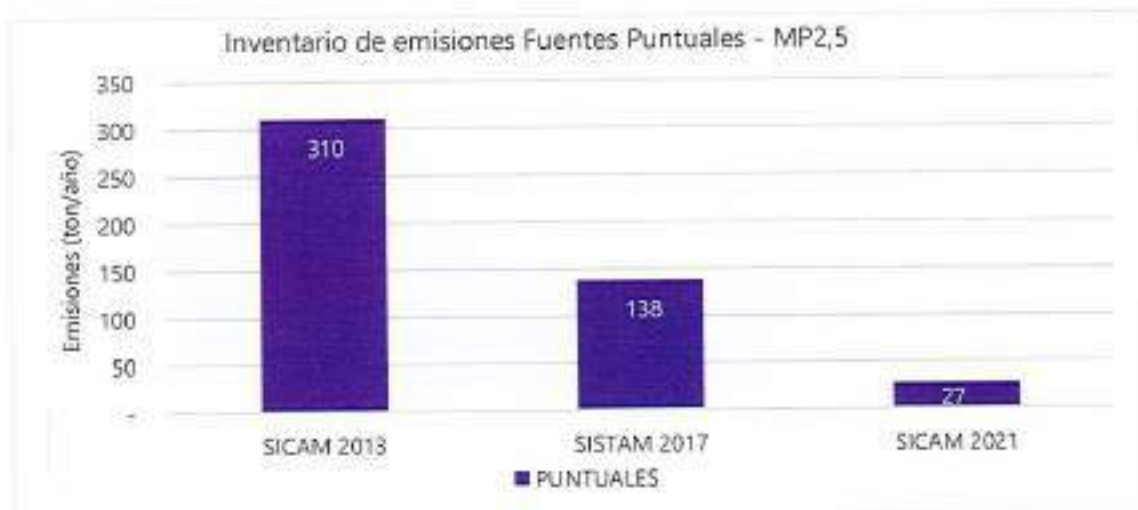


Figura 5. Comparación Inventarios Fuentes Puntuales (2013-2021) Valdivia

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 ESTIMACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES – MEDIDAS DE EDUCACIÓN Y COMPLEMENTARIAS

5.3.3.1 Medidas Educación Ambiental

Para el caso de las medidas de educación ambiental, la estimación del efecto en la reducción de emisiones supone el mismo planteamiento del punto anterior, y es que se considera cómo impacta la ejecución de estas medidas en alguno de los parámetros de cálculo de las emisiones, según la fuente regulada.

Si consideramos la metodología de estimación de emisiones provenientes de la combustión residencial de leña, tenemos por una parte el nivel de actividad, referido al consumo de leña y por otra, el factor de emisión, que dependerá de diversas variables, en donde la educación del usuario es fundamental para que estas variables sean más favorables a la hora de estimar las emisiones, tal como se puede observar en la descripción realizada en la Tabla 45.

Tabla 45. Variables que inciden en el factor de emisión asociado a calefacción residencial de leña

Variable	Criterios	Incide Educación
Operación	Tiraje abierto / Tiraje Cerrado	El factor de emisión asociado al tipo de artefacto puede verse aumentado hasta 7 veces en un calefactor de cámara simple al pasar de tiraje abierto a cerrado y aumenta hasta 6 veces en un calefactor con templador [2]. Incluso en un calefactor certificado el factor podría aumentar hasta 4 veces. Por lo tanto, se considera que este es uno de los factores más determinantes en la estimación de emisiones y que puede ser transmitido a la población como parte de los contenidos de una campaña de educación en torno al correcto uso de los calefactores.
Calidad Leña	Leña seca / Leña húmeda / mala operación (leña húmeda + tiraje cerrado)	La calidad de la leña influye directamente en factor de emisión, aumentado en promedio 3 veces este factor, dependiendo del tipo de calefactor [2]. Por lo tanto, es una variable que ha sido abordada como parte de los contenidos de campañas de educación en torno al correcto uso de los calefactores.
Tipo de Calefactor	Certificado / Con templador / Sin templador / Cocina / Salamandra / Chimenea u otro Nueva tecnología (pellet)	El factor de emisión está estrechamente relacionado con el tipo de calefactor que se emplea en la vivienda, variando desde 2,1 a 12,7 g MP10/kg neto de leña considerando un calefactor a pellet o una salamandra, respectivamente [2]. Todo esto utilizando leña seca y tiraje abierto, si la leña es húmeda esta diferencia aumenta considerablemente. Por lo tanto, este es un factor determinante que aborda mediante las campañas de difusión del Programa de Recambio de Calefactores, o mediante el fomento a la adopción particular de

	mejores tecnologías, abordado en campañas de calefacción sustentable.
--	---

En el caso de las medidas de educación y difusión se entiende que éstas podrán también afectar los niveles de actividad de la fuente de combustión residencial de leña, por ejemplo, al aumentar la conciencia ambiental del usuario, éste tal vez escogerá conductas que reducirían el nivel de actividad de ciertas fuentes, como por ejemplo adopción de medidas de aislación térmica dentro de la vivienda que permitan reducir su consumo de leña. También sus conductas pueden incidir en el factor de emisión para el contaminante, al modificar por ejemplo la operación del calefactor a leña, empleando tiraje medio-abierto en vez de tiraje cerrado. O bien, por la toma de conciencia y adopción de tecnologías menos contaminantes y más eficientes para calefacción.

5.3.3.2 Medidas Asociadas a la Gestión de Episodios Críticos (GEC)

El capítulo VII del PDA que establece el Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación, indica medidas y acciones de prevención y mitigación para enfrentar los días de episodios de contaminación por material particulado en alerta, preemergencia y emergencia. El periodo de GEC tiene lugar cada año entre el 01 de abril y el 30 de setiembre, para lo cual, el PDA establece que la zona saturada se subdividirá en zonas territoriales de gestión de episodios críticos en la comuna de Valdivia, sobre las cuales aplicarán las medidas indicadas en el Plan.



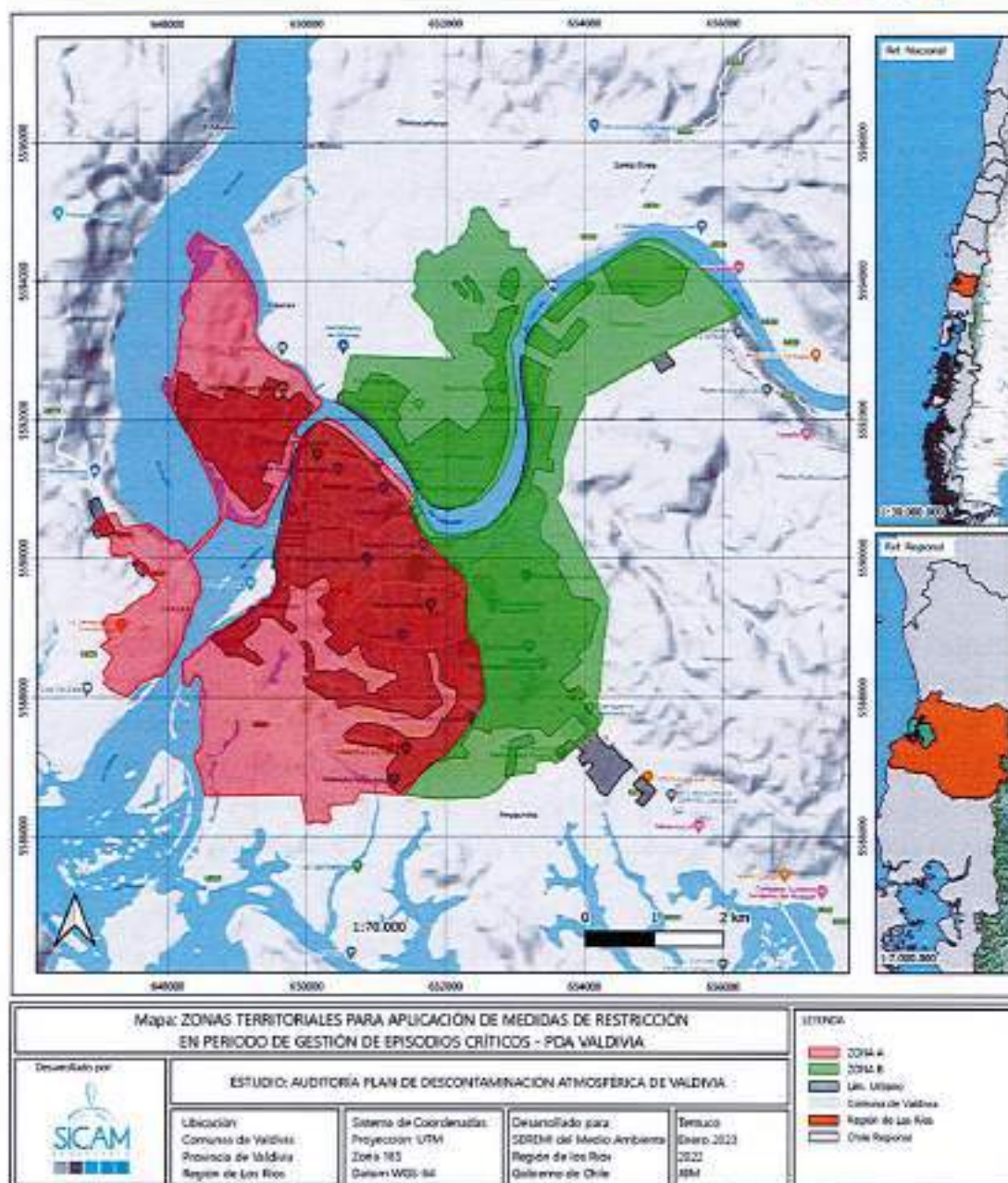


Figura 6. Zonas de restricción en periodo GEC – PDA Valdivia

Fuente: Elaboración propia según polígono definido en Res. Ex. N°36/2021 y disponible en <https://airevaldivia.mma.gob.cl/>

El artículo 60 del PDA Valdivia establece que la SEREMI del Medio Ambiente implementará un sistema de pronóstico de calidad del aire para material particulado MP10 y MP2,5. Luego el artículo 62 indica que este Servicio, informará diariamente a la Intendencia Regional (actual Delegación Presidencial) la evolución de la calidad del aire y los resultados del

sistema de pronóstico de calidad del aire, a partir de lo cual la Delegación, declara la condición de episodio crítico cuando corresponde.

La Tabla 46 presenta el registro de los episodios de contaminación declarados por la Intendencia, según los Informes de Aplicación de Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos y resultados GEC años 2016 a 2019:

Tabla 46. Episodios de contaminación declarados por año 2017-2021

GEC	2017	2018	2019	2020	2021
Alerta	29	39	23	39	26
Preemergencia	29	31	25	15	15
Emergencia	4	11	4	4	5
Total	62	81	52	58	46

Fuente: Elaboración propia.

En los días declarados como episodio se tomaron medidas, que, para el caso de episodio de Alerta, hasta el año 2019, son solo preventivas, en cambio en Preemergencia y Emergencia se establecen restricciones, las cuales generan un impacto en la reducción de emisiones tras su implementación, debido a que se restringe la fuente de combustión residencial de leña principalmente. Las medidas según episodio se detallan a continuación en la Tabla 47.

Esta información es pública para la ciudadanía y se puede observar diariamente en el sitio web: <https://airechile.mma.gob.cl/> que opera durante el periodo GEC.

Tabla 47. Medidas según tipo de episodio hasta el año 2019

Episodio	Medidas
a) Alerta	a.i) Prohibición del uso de más de un calefactor a leña por vivienda las 24 horas. Esta medida se aplicará por zona territorial.
b) Preemergencia	b.i) Prohibición del uso de más de un calefactor a leña por vivienda las 24 horas. Esta medida se aplicará por zona territorial.
	b.ii) Prohibición del uso de los calefactores y cocinas a leña desde las 18:00 hasta las 06:00 hrs. Se exceptuarán de esta prohibición los calefactores a leña que pertenezcan a los programas de recambio del Ministerio del Medio Ambiente y aquellos que cumplan con la Norma de Emisión de Material Particulado para los calefactores que combustioneen o puedan combustionar leña y pellets de madera, DS N° 39 de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente. Esta medida se aplicará por zona territorial.
	b. iii). Prohibición, entre las 18:00 hasta las 06:00 hrs, del funcionamiento de calderas a leña con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt. Esta medida se aplicará por zona territorial.
	b. iv) Prohibición, entre las 18:00 hasta las 06:00 hrs, del funcionamiento de calderas industriales y de calefacción, con una potencia mayor a 75 kWt y que presenten emisiones mayores o iguales a 30 mg/Nm ³ de material particulado. Esta medida se aplicará por zona territorial.

c) Emergencia	<p>c. i) Prohibición del uso de más de un calefactor a leña por vivienda las 24 horas. Esta medida se aplicará por zona territorial.</p> <p>c. ii) Prohibición, entre las 18:00 hasta las 06:00 hrs., del uso de calefactores y cocinas a leña. Esta medida se aplicará en todas las zonas territoriales.</p> <p>c. iii) Prohibición, entre las 18:00 hasta las 06:00 hrs., del funcionamiento de calderas a leña con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt. Esta medida se aplicará en todas las zonas territoriales.</p> <p>b. iv) Prohibición, entre las 18:00 hasta las 06:00 hrs., del funcionamiento de calderas industriales y de calefacción, con una potencia mayor a 75 kWt y que presenten emisiones mayores o iguales a 20 mg/Nm³ de material particulado. Esta medida se aplicará en todas las zonas territoriales.</p>
---------------	---

Fuente: Elaboración propia según artículos D.S. N°15/2017 del MMA que establece PDA Valdivia

Para la medida asociada a restricción de uso de calderas a leña con potencia térmica nominal menor a 75 kWt, se considera la información obtenida a partir de la actualización del inventario de emisiones para Valdivia, año base 2021 [2], que indica un universo estimado de 412 calderas, de las cuales 124 corresponden a calderas a leña.

Para la restricción asociada al uso de calderas industriales y de calefacción con potencia mayor a 75 kWt que presenten emisiones mayores o iguales a 20 mg/Nm³ de material particulado, tanto para emergencia o preemergencia, se consideró la información de fuentes puntuales contenida en el inventario de emisiones para Valdivia, año base 2021 [2]. Es importante mencionar que según los artículos 35 y 36 del PDA Valdivia [1] establecen límites de emisión para MP y SO₂ respectivamente, según nivel de potencia, para fuentes nuevas y existentes. Estos artículos fijan límites para calderas existentes con potencia mayor o igual a 1 MWt además de calderas nuevas con potencia sobre 75 kWt, los cuales deben medir sus emisiones para corroborar los límites de emisión.

De acuerdo a los resultados del inventario de emisiones [2], las calderas existentes con potencia sobre 75 kWt son 192, sin embargo, solo una mínima fracción de éstas (6) cumplen con el nivel de potencia (> 1Mwt) que les exige medir sus emisiones. Se asume entonces, que la prohibición en GEC debería darse bajo el supuesto de controlar todas las calderas sobre 75 kWt que funcionen a biomasa combustible, dado que serían las que eventualmente pueden incumplir el límite de emisión. En este caso, el total de calderas de calefacción e industrial con potencia sobre 75 kWt que funcionan a biomasa combustible son 62, luego, se considera para el análisis de reducción en GEC solo las que funcionan sobre 100 horas/año, quedando 54 fuentes que deberían apagar sus unidades en episodio de Preemergencia o Emergencia, por 12 horas. 45 de estas fuentes se encuentran en la zona delimitada como Zona A y 9 en Zona B.

Para estas fuentes se estima la tasa de emisión en kg/hora, considerando el número de horas anuales. El resultado es de 3,3 kg/día de MP_{2,5} y 4,0 kg/día de MP₁₀ como promedio de

todas las fuentes reguladas. Con este resultado se obtiene la reducción de emisiones, según los días de episodio en emergencia y preemergencia.

Tabla 48. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Fuentes Puntuales

Año	N° de episodios según tipo		Reducción (Ton/año)	
	Preemergencia	Emergencia	MP10	MP10
2017	29	4	2,0	2,4
2018	31	11	2,5	3,0
2019	25	4	1,8	2,1
2020	15	4	1,1	1,4
2021	15	5	1,2	1,4

Fuente: Elaboración propia a partir de información contenida en el Inventario de Emisiones de Valdivia, año base 2021.

Para la estimación de la reducción de emisiones para los años 2018 a 2021 asociadas a las medidas de restricción de uso de calefactores a leña, se empleó la información indicada en la Tabla 49, según el tipo de episodio y la medida de restricción. Luego, en el Anexo 6. Reducción de Emisiones GEC, se presenta la información en detalle de cada parámetro empleado para la estimación.

Tabla 49. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Artefactos a leña

Parámetro	Descripción	Valor del parámetro			Fuente
		Episodio	Zona A	Zona B	
N° de Viviendas afectas a regulación	Corresponde al número de viviendas reguladas según las zonas territoriales definidas por la SEREMI del Medio Ambiente. Según el tipo de episodio, se afectará a una zona u otra, o ambas.	Alerta	12.269	37.363	N° de viviendas según distrito censal [3] que se encuentran en los polígonos definidos como Zona A o Zona B, según Res. Ex. N°36/2021 y mapa disponible en https://airevaldivia.mma.gob.cl/
% Viviendas alcanzadas	Corresponde al porcentaje de viviendas que cumplen con el atributo para ser sujetas de regulación.	<u>Viviendas con más de 1 calefactor:</u> Valdivia 3,9% <u>Viviendas que utilizan leña en los distritos regulados:</u> Valdivia: 81,3%			Inventario de emisiones de Valdivia, año base 2021. Encargado por la SEREMI del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería [2].
% Adopción de la medida	Corresponde al porcentaje de la población regulada que cumple con la medida de restricción. Este parámetro se obtiene en recorridos realizados en días de episodio con restricción al uso de calefactores en Valdivia.	<u>% de viviendas que accogen la restricción</u> Valdivia 77%			Estudio de Verificación y Caracterización de los niveles de cumplimiento de las prohibiciones al uso de calefactores en días de GEC en regiones, año 2017. Encargado por el Ministerio del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería [4].
N° de horas sin uso de calefactores	Corresponde el número de horas que la vivienda no emitirá humos producto de la restricción.	Prohibición de uso de más de 1 calefactor por vivienda: <u>24 horas.</u> Prohibición de uso de calefactores y cocinas a leña (18:00-06:00): <u>12 horas.</u>			D.S. N°15/2017 del MMA, que establece PDA Valdivia

Reducción por medida	Corresponde al porcentaje de reducción de emisiones asociados al factor de emisión. Se calcula mediante la diferencia entre un factor de emisión promedio de artefactos en buena y mala operación.	<p>Prohibición de uso de más de 1 calefactor por vivienda: <u>Asume una reducción del 30% de emisión de la vivienda, considerando que un segundo calefactor corresponde a una unidad secundaria de calefacción.</u></p> <p>Prohibición de uso de calefactores y cocinas a leña (18:00-06:00): <u>Asume una reducción del 100% de emisión de la vivienda, considerando que se prohíbe su uso.</u></p>	No aplica																		
Tasa de emisión MP2,5 kg/hr-viv	Corresponde a la tasa de emisión por hora promedio (entre las 18:00 y las 06:00) para los distritos que se encuentran dentro de las zonas territoriales donde aplica la GEC, definidas por la SEREMI del Medio Ambiente. Este parámetro indica cuánto es lo que emite un calefactor como valor hora promedio, en el horario indicado, durante los meses de abril a septiembre como promedio. Se obtiene a partir de la tasa de emisión promedio anual para cada comuna, considerando los perfiles de uso de los calefactores. Se adjunta memoria de cálculo en Anexo 6. Reducción emisiones GEC.	<p>Tasa de emisión MP10 kg/vivienda</p> <table border="1" data-bbox="716 579 1042 667"> <thead> <tr> <th>MP10</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prom. General</td> <td>0,127</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Prom. Ajustado</td> <td>0,214</td> <td>0,008</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tasa de emisión MP2,5 kg/vivienda</p> <table border="1" data-bbox="716 726 1042 814"> <thead> <tr> <th>MP2,5</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prom. General</td> <td>0,118</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Prom. Ajustado</td> <td>0,199</td> <td>0,007</td> </tr> </tbody> </table>	MP10	Día	Hora	Prom. General	0,127	0,005	Prom. Ajustado	0,214	0,008	MP2,5	Día	Hora	Prom. General	0,118	0,005	Prom. Ajustado	0,199	0,007	Inventario de emisiones de Valdivia, año base 2021. Encargado por la SEREMI del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería (2).
MP10	Día	Hora																			
Prom. General	0,127	0,005																			
Prom. Ajustado	0,214	0,008																			
MP2,5	Día	Hora																			
Prom. General	0,118	0,005																			
Prom. Ajustado	0,199	0,007																			

Considerando los parámetros descritos en la Tabla 49 es posible estimar la reducción de emisiones asociada a la implementación de medidas de restricción en periodo GEC, según año y tipo de episodio para la comuna de Valdivia, tal como se observa en la Tabla 50 y en la Figura 7.

Tabla 50. Reducción de emisiones asociadas a GEC según episodio para MP10 y MP2,5

MP10 (TON/AÑO)				
Año	ALERTA	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL
2018	19,3	42,6	14,6	76,5
2019	11,2	34,2	5,6	51,0
2020	19,3	20,2	5,6	45,1
2021	13,2	20,2	6,2	39,6
Promedio (ton/año)	15,8	29,3	8,0	53,0
MP2,5 (TON/AÑO)				
Año	ALERTA	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL
2018	18,0	39,3	13,1	70,4
2019	10,4	31,8	5,0	47,2
2020	18,0	19,2	5,0	42,3
2021	12,3	19,2	5,6	37,1
Promedio (ton/año)	14,7	27,4	7,2	49,2

Fuente: Elaboración propia

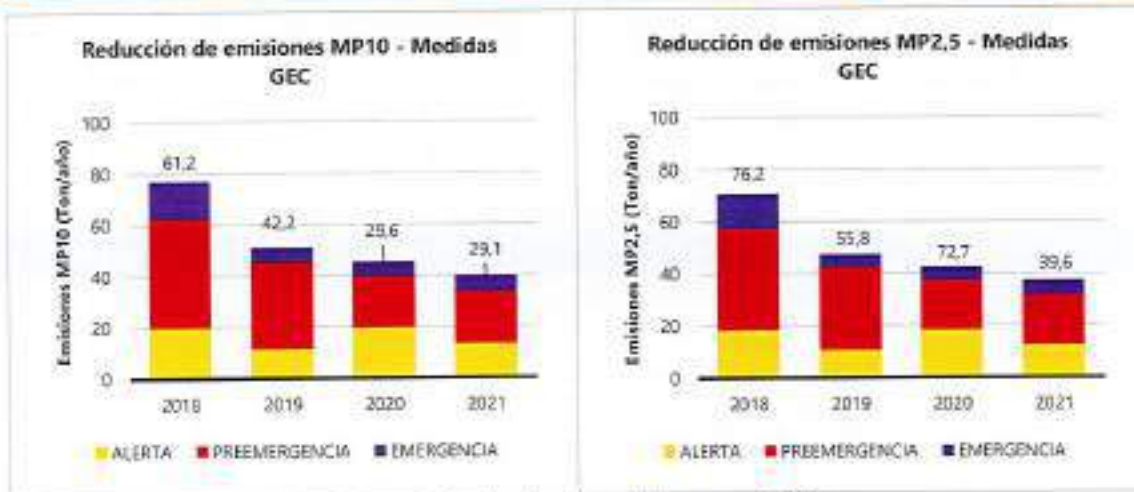


Figura 7. Reducción de emisiones por GEC
Fuente: Elaboración propia

5.4 ACTIVIDAD 4). ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN

Para realizar el análisis de la percepción de la ciudadanía acerca de la implementación de las diferentes medidas del PDA, y sus ajustes o mejoras, se propone utilizar los resultados de la última actualización del inventario de emisiones de la comuna de Valdivia, para el año base 2021 [2] que desarrolla una encuesta de caracterización del consumo de leña y artefactos. En el instrumento aplicado existe un módulo asociado a percepción ciudadana respecto a las medidas más relevantes contenidas en el PDA, respecto a la principal fuente, la combustión residencial de leña. Las preguntas incorporadas en el instrumento se presentan en la Figura 8.

3) TEM PERCEPCIÓN/PROYECCIÓN DE CONSUMO Y USO DE ARTEFACTOS		
<p>16. Considera que su actual calefacción y su nivel de consumo de combustible le brindan confortabilidad al interior de su vivienda.</p> <p>1. SI <input type="checkbox"/></p> <p>2. NO <input type="checkbox"/></p>	<p>15. ¿Conoce el PDA de Valdivia?</p> <p>1. SI <input type="checkbox"/></p> <p>2. NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>17. Si 12 es NO, indicar principal medida</p> <p>1. Mala aislación térmica de la vivienda <input type="checkbox"/></p> <p>2. Artefactos poco eficientes <input type="checkbox"/></p> <p>3. Artefactos en mal estado <input type="checkbox"/></p> <p>4. Combustible mala calidad <input type="checkbox"/></p> <p>5. Otro <input type="checkbox"/></p> <p>Puede contactar más de una</p>	<p>18. 1 Intención según concepto relacionado con el PDA</p> <p>1° <input type="text"/></p> <p>2° <input type="text"/></p> <p>3° <input type="text"/></p>	
<p>19.Cuál de estas medidas del PDA le parece más efectiva para la descongestión del aire.</p> <p>1. Restricción de calefactores <input type="checkbox"/></p> <p>2. Atención térmica de viviendas <input type="checkbox"/></p> <p>3. Restricción de uso de calefactores <input type="checkbox"/></p> <p>4. Consumo de leña zero <input type="checkbox"/></p> <p>5. Educación ambiental <input type="checkbox"/></p> <p>6. Control de industrias <input type="checkbox"/></p> <p>7. Regulación del parque automotor <input type="checkbox"/></p>	<p>20. ¿Tiene alguna iniciativa de difusión o educación en torno a la contaminación atmosférica en Valdivia?</p> <p>1. SI <input type="checkbox"/></p> <p>2. NO <input type="checkbox"/></p> <p>20.1 Si su respuesta es SI, indicar medidas</p> <p>1. Redes sociales <input type="checkbox"/></p> <p>2. Radio <input type="checkbox"/></p> <p>3. TV <input type="checkbox"/></p> <p>4. Taller educativo <input type="checkbox"/></p>	<p>21. ¿Qué medida que usted considere que contribuye a mejorar la calidad del aire?</p> <p>1. <input type="text"/></p> <p>2. <input type="text"/></p> <p>3. <input type="text"/></p> <p>4. No realiza <input type="checkbox"/></p>

Figura 8. Preguntas asociadas a percepción ciudadana

Fuente: Encuesta de Caracterización de Calefacción Residencial en Valdivia, año 2022, en el marco de la Actualización del inventario de Emisiones Atmosféricas para la comuna de Valdivia, año base 2021.

La muestra consideró un total de 1.103 encuestas distribuidas de manera aleatoria en la comuna de Valdivia, abarcando 12 distritos censales, según se presenta en la Tabla 51.

Tabla 51. Número de muestra, para la aplicación de la encuesta de caracterización residencial de consumo de leña en la comuna de Valdivia

Código Distrito	Distrito Censal		Aplicadas
1410101	Camilo Henríquez		14
1410102	Isla Teja		40
1410103	Mercedez		8
1410104	Las Ánimas		86
1410105	Estación		119
1410106	Huellethue		153
1410107	Teniente Merino		180
1410108	Las Mulatas		356
1410109	Pantano		36
1410110	Aguirre		51
1410116	Estancilla		18
1410117	Niebla		42
Valdivia	TOTAL		1.103

Fuente: Encuesta de Caracterización de Calefacción Residencial en Valdivia, año 2022, en el marco de la Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas para la comuna de Valdivia, año base 2021.

Los resultados entregados para este ítem de la encuesta se presentan a continuación:

Pregunta 16. ¿Considera que su actual calefactor, y su nivel de consumo de combustible le brindan confortabilidad al interior de su vivienda?

Los resultados respecto a esta pregunta muestran que el 91,2% de las personas encuestadas consideran que su actual calefactor a leña brinda confortabilidad al interior de su vivienda. El universo de esta pregunta son solo los usuarios de leña, por lo tanto, muestra una gran adhesión a este tipo de tecnología aun en la zona de estudio.

Tabla 52. Confortabilidad con el actual calefactor a leña

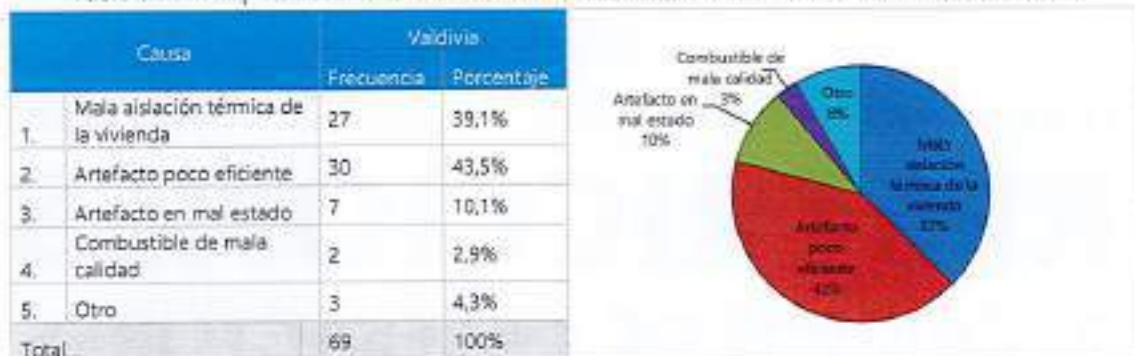
Ítem		Valdivia	
		Frecuencia	Porcentaje
1.	SI	740	91,2%
2.	NO	69	8,5%
3.	N.R.	2	0,2%
Total		811	100%



Pregunta 17. Si 16 es NO, indicar principal motivo:

Para las personas que, en la pregunta anterior, indicaron que su artefacto a leña no les proporciona confortabilidad en la vivienda (8,5%), indican que la principal causa corresponde a que consideran que el artefacto es poco eficiente (42%) y por mala aislación térmica de la vivienda (37%), tal como se observa en la Tabla 53.

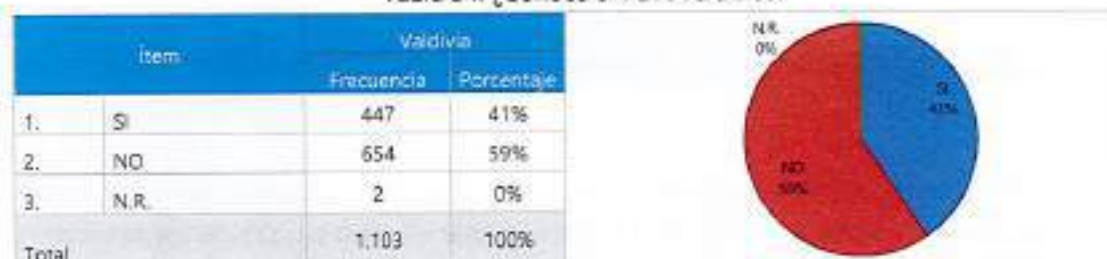
Tabla 53. Principal causa de No Confortabilidad de calefacción a leña Comuna de Valdivia



Pregunta 18. ¿Conoce el PDA Valdivia?

Al consultar a los encuestados si conocen el PDA Valdivia, el 59% señala que no lo conoce, y el 41% señala que sí lo hace, tal como se presenta en la Tabla 54.

Tabla 54. ¿Conoce el PDA Valdivia?



Luego, para las personas que indican conocer el PDA se les solicitó que mencionen de manera abierta conceptos con los cuales relacionan este instrumento. El concepto que con mayor frecuencia se mencionó entre los encuestados corresponde al término "RESTRICCIONES", alcanzado el 65% de las menciones. Luego, sigue el "RECAMBIO DE CALEFACTORES" alcanzando un 13% de las menciones, seguido por "CONSUMO DE LEÑA SECA" con un 8% de las menciones y "LEÑA" y "FISCALIZACIÓN DE LEÑA" con un 2% de las menciones. Todos los demás conceptos tienen una frecuencia menor alcanzando porcentajes de mención bajo el 1%. Estos resultados indican que la ciudadanía puede percibir que el PDA Valdivia busca regular la principal fuente de contaminación

correspondiente a calefacción residencial de leña y que el instrumento considera restricciones al uso de los calefactores y que la leña seca y la fiscalización representan factores muy importantes en este Plan. Se observa que el concepto de mejoramiento térmico de vivienda se relaciona escasamente con el PDA Valdivia, con solo 6 menciones (1,2%).



Figura 9. Menciones asociadas a conceptos PDA Valdivia

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta residencial de consumo de leña

19. ¿Cuál de estas medidas del PDA le parece más efectiva para la descontaminación del aire?

Se presentó a los encuestados una serie de materias reguladas por el PDA, luego de lo cual se les solicitó que indicaran cuál de éstas les parece más efectiva para la descontaminación del aire en la comuna de Valdivia. Los resultados indican que la mayoría (34%) señala que la aislación térmica es la más efectiva, seguida por comercio de leña seca (24%). Dan similar importancia a la Educación Ambiental y al Recambio de Calefactores (15% y 13% respectivamente). Consideran dentro de las menos efectivas regulación de industrias, parque automotriz y restricción de calefactores.

Tabla 55. Principal causa de No Confortabilidad de calefacción a leña Comuna de Valdivia

Regulación	Valdivia	
	Frecuencia	Porcentaje
1 Recambio de calefactores	146	13%
2 Aislación térmica de viviendas	380	34%
3 Restricción de uso de calefactores	60	5%
4 Comercio de leña seca	262	24%
5 Educación Ambiental	161	15%
6 Control de industrias	46	4%
7 Regulación del parque automotriz	42	4%
8 N.R.	6	1%
Total*	1.103	100%

20. ¿Sabe de alguna campaña de difusión o educación en torno a la contaminación atmosférica en Valdivia?

Se consultó respecto a si el encuestado conoce alguna campaña de difusión en torno a la contaminación atmosférica en Valdivia, para lo cual solo el 25% respondió que sí, mientras que el 74% indicó que no ha escuchado nada al respecto. En relación a los medios por los cuales han conocido las campañas, se menciona a las redes sociales con mayor frecuencia (55%), seguido por radio (31%) y un porcentaje menor de 9% indica que a través de charlas informativas.

Tabla 56. Conocé alguna campaña de difusión en la comuna de Valdivia

Ítem	Valdivia	
	Frecuencia	Porcentaje
1. SI	275	25%
2. NO	820	74%
3. N.R.	8	1%
Total	1.103	100%

Tabla 57. ¿Por qué medios?

Ítem	Valdivia	
	Frecuencia	Porcentaje
1. Redes sociales	152	55%
2. Radio	84	31%
3. TV	15	5%
4. Taller educativo	24	9%
5. NR.	-	0%
Total	275	100%

21. ¿Usted considera que realiza alguna acción que contribuya a mejorar la calidad del aire?

Frente a la pregunta directa de la realización de acciones que contribuyan a mejorar la calidad del aire, los encuestados nombraron en primer lugar el "USO DE LEÑA SECA" con el 40% de las menciones, seguido por el 19% que indica que "NO REALIZA" ninguna acción que contribuya a mejorar la calidad del aire. Un 8% indica que "USA PELLETS" o "NO UTILIZAR LEÑA" son las acciones que realizan como contribución. Y otro 6% indica que "REDUCIR EL CONSUMO DE LEÑA" y "RESPECTAR LAS RESTRICCIONES" son sus acciones. Otras menciones se nombran con menores frecuencias (bajo el 3%), se pueden observar en la Figura 10.

Los resultados dan cuenta de que la ciudadanía tiene buen entendimiento de las causas del problema, en lo que respecta al uso de calefactores y uso de leña, además de las restricciones asociadas al periodo GEC.

Se observa que el mejoramiento térmico de viviendas no es un concepto relevante para la ciudadanía, como acción que realizan para contribuir a mejorar la calidad del aire, con solo 12 menciones.



Figura 10. Menciones asociadas a acciones que contribuyen a mejorar la calidad del aire.

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta residencial de consumo de leña.

5.5 ACTIVIDAD 5). EVALUACIÓN DE RECURSOS ASIGNADOS AL PDA

La oportuna implementación de los Planes de Descontaminación supone, más allá de los impactos evidentes esperados en el territorio, un desafío importante en la gestión pública, especialmente en lo que a inversiones se refiere. Esto, ya que parte importante de las medidas consideradas en los respectivos instrumentos de gestión ambiental a que se hace

referencia, implican contar con recursos financieros significativos, en tiempo y cuantía, para lograr el efecto esperado. En efecto, a partir de los antecedentes generados en el desarrollo del objetivo 1, derivados de una exhaustiva revisión y evaluación a la ejecución del PDA Valdivia, y el avance en el cumplimiento de metas de reducción de la contaminación atmosférica, se ha podido identificar, para los primeros cuatro años de implementación (2017-2021), los recursos ejecutados, desagregado según cada uno de los capítulos establecidos en el propio PDA MP2,5

Revisión de los recursos ejecutados del PDA periodo 2017-2021

Se debe considerar que el PDA Valdivia entra en vigencia en junio de 2017, por lo que la mayoría de las medidas, en la práctica, comienzan a implementarse a partir del año 2018, trasladando a dicho año, los que excepcionalmente sí fueron ejecutados el año 2017. En el Anexo 3, se presenta el detalle de la información reportada por cada una de las instituciones, desagregada según las medidas de su competencia. Respecto a la información presentada en la anterior Tabla 58, es importante precisar las regulaciones para las que los organismos declaran contar con presupuesto específico corresponde al mejoramiento de calefactores, mejoramiento de la calidad de la leña, mejoramiento térmico de viviendas, transporte, gestión de episodios críticos y medidas complementarias. Para la ejecución de las demás medidas en todos los sectores regulados, los organismos no cuentan con presupuesto específico asociado al PDA, sino que las medidas son desarrolladas con recursos propios de cada institución.

Tabla 58. Montos ejecutados en la implementación del PDA, según tipo regulación (\$).

REGULACIÓN	MONTOS EJECUTADOS POR EL PDA SEGÚN AÑO (\$)				
	2018	2019	2020	2021	TOTAL
ARTEFACTOS	344.546.000	679.384.000	909.639.000	1.687.634.000	3.621.203.000
LEÑA	34.200.000	27.000.000	21.611.765	10.000.000	92.811.765
MEJ. TÉRMICO	2.196.875.370	4.460.677.439	4.406.459.670	3.124.915.503	14.188.927.982
PROY. INMO					
CALDERAS					
QUEMAS					
TRANSPORTE	-	1.004.592.000	-	-	1.004.592.000
COMPENSACIÓN					
GEC	12.000.000	5.000.000	6.500.000	5.500.000	29.000.000
EDUCACIÓN					
FISCALIZACIÓN					
COMPLEMENTARIAS	-	-	-	-	2.250.000.000
TOTAL	2.587.621.370	6.176.653.439	5.344.210.435	4.863.049.503	21.157.134.747

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por instituciones encargadas de la ejecución del PDA MP2,5.

En lo que respecta al mejoramiento de artefactos, la Tabla 59 presenta el resumen de los recursos ejecutados enmarcados principalmente en la ejecución del Programa de Recambio de Calefactores en viviendas de la comuna. Es posible observar que el financiamiento del Programa se reparte entre los fondos propios de la institución a través del Ministerio del Medio Ambiente y de los aportes que pueda realizar el GORE a través del FNDR. En su totalidad en el periodo evaluado se ejecutan \$3.621.203.000, considerando solo un nivel de avance del 14% en la ejecución de la medida.

Tabla 59. Recursos ejecutados para el Programa de Recambio de Calefactores

MEDIDA	2018	2019	2020	2021	Total
Art. 10 Recambio de calefactores en organismos públicos y Municipales	11.480.000	-	-	-	11.480.000
Art. 11 Programa de Recambio de Calefactores (ASIGNACIÓN PDA)	333.066.000	179.384.000	309.639.000	787.634.000	1.609.723.000
Art. 11 Programa de Recambio de Calefactores (ASIGNACIÓN GORE)	-	500.000.000	600.000.000	900.000.000	2.000.000.000
TOTAL	344.546.000	679.384.000	909.639.000	1.687.634.000	3.621.203.000

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMI del Medio Ambiente Región de Los Ríos

En relación al mejoramiento de la calidad de la leña, los montos indicados en la Tabla 61 corresponden a iniciativas financiadas y reportadas por la SEREMI de Economía, asociadas a la ejecución del Art. 16, en donde se entregaron recursos para fomento de la producción de leña seca en diversas comunas de la región de Los Ríos, equivalente a \$89.211.765 en el periodo evaluado. Se contempla para esta regulación, además, el monto asociado a la ejecución del estudio obtención de indicadores de energía calórica de la leña, desarrollado por el Ministerio de Energía, el cual se ejecutó durante el año 2017 por parte de la Universidad Católica de Temuco, estudio que contó con un financiamiento de \$4.200.000.

Tabla 60. Recursos ejecutados en programas de mejoramiento de leña

MEDIDA	Año ejecución	Monto Ejecutado (\$)	Fondo financiamiento
Construcción galpón de acopio y secado de leña y pellet	2018	30.000.000	18IPROOR-103502
Habilitación de patio de dendroenergía moderno para proveer leña certificada a Valdivia y otras ciudades del sur de Chile desde la Octava a la Décima región.	2019	27.600.000	19IPRO-109001
Reactivar la actividad económica de comercialización de leña de la sociedad forestal bosques de Paimun.	2020	3.000.000	20PAR-143771
Adquisición de cortadora de leña para potenciar empresa maderera de la comuna de Mariquina	2020	4.000.000	20PARCO-143784

Apertura de línea de negocios para detección de termitas en leña seca.	2020	4.000.000	20PAR-149093
Cooperativa de leña los Lagos	2020	10.611.765	20FGLR-130999
Fortalecimiento de COSEFOR mediante habilitación de infraestructura.	2021	10.000.000	21AIRIM-198059
Total			(\$) 89.211.765

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMI de Economía Región de Los Ríos.

En relación a la regulación para el mejoramiento térmico de la vivienda, los montos que se indican en la Tabla 61 corresponden íntegramente al Subsidio de Mejoramiento Térmico de la Vivienda a través del PPPF (Art. 23), alcanzándose una asignación de \$14.188.927.982 en el periodo evaluado, considerando solo un avance del 10% de la meta total de subsidios térmicos.

Tabla 61. Recursos ejecutados para el acondicionamiento térmico de viviendas

MEDIDA	2018	2019	2020	2021	Total
Art. 23. Mejoramiento térmico de la vivienda	2.196.875.370	4.460.677.439	4.406.459.670	3.124.915.503	14.188.927.982

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMI del Medio Ambiente Región de Los Ríos

En lo que dice relación con la regulación del transporte público, la SEREMITT reporta ejecución de recursos asociados a la renovación de buses (Art. 49), mediante la ejecución del Programa Renueva tu Micro. Para este ítem se consideró que el año 2019 se cambiaron 100 buses del transporte público con una inversión total de \$1.004.592.000, cumpliéndose al 100% la meta propuesta por el PDA Valdivia.

Tabla 62. Recursos ejecutados para el programa de renovación de buses

MEDIDA	2018	2019	2020	2021	Total
Art. 49. Renovación de Buses		1.004.592.000			1.004.592.000

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMITT.

Otra medida que cuenta con financiamiento específico corresponde a la relacionada con el Art. 58 c y Art. 61 a cargo de la SEREMI del Medio Ambiente, para ejecutar la campaña comunicacional en torno al periodo GEC, el detalle se presenta en la Tabla 63.

Tabla 63. Recursos ejecutados para el periodo GEC

MEDIDA	2018	2019	2020	2021	Total
Art. 58c) y 61) Campaña comunicacional período GEC	12.000.000	5.000.000	6.500.000	5.500.000	29.000.000

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMI del Medio Ambiente Región de Los Ríos

Finalmente, dentro de las medidas complementarias que cuentan con financiamiento específico se encuentra el Art. 79 asociado a la construcción de ciclovías por parte de la SEREMI de Vivienda y Urbanismo, para el cual no se cuenta con el desglose por año de la información, sino que se cuenta con la totalidad de recursos ejecutados a la fecha, para un total de 12 km de ciclovía. La meta propuesta por el PDA es de 20 km, en el horizonte de aplicación del Plan.

Se contempla además la elaboración de dos estudios solicitados por la SEREMI del Medio Ambiente, pero se ejecutan durante el año 2022, por lo que no se considera dentro del periodo de evaluación.

Tabla 64. Recursos ejecutados para medidas complementarias

MEDIDA	2018	2019	2020	2021	Total
Art. 79. Ciclovías					2.250.000.000

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por la SEREMI de Vivienda y Urbanismo

Con los resultados obtenidos a partir de la recopilación de los montos ejecutados según sector regulado y específicamente según medida, es posible hacer una comparación con lo establecido en el AGIES del PDA Valdivia (5). Esta comparación se presenta en la Tabla 65, y se puede observar que el AGIES consideró que el PDA Valdivia se financiaría con una inversión que alcanza los 53 millones de USD, indica además que el 53% de estos recursos corresponderían al subsidio de aislación térmica y el 17% a Programa de Recambio de calefactores. Consideró también un 29% asociado a costos variables, esto incluye los costos de abatimiento de calderas, mayores costos de operación del uso de artefactos, mayor costo de la leña seca y el costo de la prohibición de quemas agrícolas. Para otras medidas consideró un 1% del costo total y un 2% asociado a la prohibición de artefactos a leña. Por otra parte, se estableció que el 68% de los costos del Plan serían asumidos por el Estado, mientras que el 38% restante sería a cargo directo del emisor. Por otra parte, se tiene el registro de los principales costos asociados a la ejecución del PDA Valdivia en el periodo 2017-2021, que da cuenta de los programas e iniciativas que cuentan con financiamiento en los principales sectores regulados, todo esto calculado en USD⁴ para tener la misma base de comparación.

Es importante destacar que, la ejecución actual del PDA solo considera los costos con cargo al Estado, no contemplando costos de los emisores. Teniendo esto presente, se observa que para el subsidio de aislación térmica se ha ejecutado un monto en torno a los 17 millones de USD, con un cumplimiento solo del 10% de la meta propuesta (1.877 subsidios ejecutados sobre la meta de 18.000 mil en el periodo de 10 años). Esto se traduce en un costo total por

⁴ Precio USD = CLP 800 (precio 20/02/2023)

vivienda de USD 9.449 (equivalente a \$7.559.365), lo que considera no solo la ejecución propia del subsidio, sino que también toda la gestión asociada a este Programa. Esto evidencia una brecha sustancial en el diseño de la medida, dado que se requiere una inversión mucho mayor a la propuesta, lo que puede obedecer a las mayores exigencias térmicas respecto a las evaluadas en el AGIES.

Respecto al Recambio de Calefactores, se tiene una ejecución cercana a los 4 millones de USD para un avance del 14% en la implementación, respecto a la meta de 26.000 calefactores. Esto supone un requerimiento mucho mayor de inversión respecto al diseño propuesto en el AGIES, lo cual puede obedecer a que esta evaluación consideró el recambio en una proporción de 50% y 50% para tecnología de leña y pellet, sin embargo, en la ejecución solo se han considerado tecnologías de pellet principalmente y kerosene, lo que encarece la ejecución de la medida.

Considerando que en el periodo evaluado se han ejecutado una baja fracción de las principales medidas asociadas al Recambio de Calefactores y Aislación Térmica, se puede proyectar un costo requerido de 209 millones de dólares extra para alcanzar la meta de 26.000 recambios de calefactores y 18.000 viviendas aisladas.

Tabla 65. Recursos ejecutados en la implementación del PDA, según tipo regulación (\$).

REGULACIÓN	AGIES PDA VALDIVIA		Ejecución PDA (2017-2021)		
	% del costo PDA	COSTO (\$USD)	% del costo PDA	COSTO (\$USD)	% ejecución medida
AISLACIÓN TÉRMICA	53%	28.090.000	67%	17.736.160	10%
RECAMBIO CALEFACTORES	17%	8.745.000	17%	4.526.504	14%
COSTOS VARIABLES	29%	15.105.000	0%		n/a
OTRAS MEDIDAS	1%	265.000	16%	4.221.255	n/a
PROHIBICIÓN	2%	795.000	0%		n/a
TOTAL	100%	53.000.000	100%	26.483.918	

n/a: No aplica

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por instituciones encargadas de la ejecución del PDA y AGIES.

Estimación de brechas

EL PDA Valdivia define, para su implementación, la ejecución de medidas estructurales, que identifican o representan un sector regulado o un capítulo de medidas, y sobre las cuales se espera un mayor impacto en la reducción de emisiones, según se logró establecer en el AGIES del PDA Valdivia.

Se puede observar en la Tabla 66, que la ejecución del Programa de Recambio de Calefactores a Leña, en términos del número total de artefactos recambiados anualmente, ha estado muy por debajo de las proyecciones establecidas en el AGIES, estando en un porcentaje de aplicación del 21% respecto a lo requerido para el periodo en evaluación (año

2017-2021) en su cuarto año de implementación, en donde deberían registrarse un total de 13.000 recambios ejecutados. Lo anterior se debe, fundamentalmente, a la falta de recursos para la implementación oportuna del programa

En la Tabla 67 se presenta, una matriz con información relevante referida a la medida asociada al mejoramiento de artefactos, específicamente respecto a la aplicación del Programa de Recambio de Calefactores. Según se puede observar en la Tabla, se presenta las proyecciones propuestas en el AGIES que indica una tasa de implementación anual de 1.625 recambios a pellet y 1.625 recambios a leña certificado, a un costo diferenciado según equipo, estimándose un valor promedio entre ambas tecnologías de 29,8 UF/Eq, proyectándose así un requerimiento presupuestario anual. Luego, se presentan los recursos realmente ejecutados en el periodo de evaluación según reporte de la SEREMI de Medio Ambiente Los Ríos, en relación a la cantidad de recambios ejecutados y al presupuesto disponible, obteniéndose un valor promedio de 39 UF/eq, encontrándose sobre el valor presupuestado en el AGIES. Luego a partir de este valor real del costo de ejecución de la medida se estima el requerimiento de presupuesto anual para el logro de la meta propuesta por el AGIES de 3.250 recambios anuales a un costo de 39 UF/Eq.

Los montos de recursos diseñados en AGIES, ejecutados y requeridos se presentan en USD para mantener una base de comparación con lo presentado en el AGIES. Se evidencia una brecha importante entre los recursos ejecutados y los requeridos al valor UF/vivienda real, acumulándose un total de \$USD -13.932.251 en el periodo de implementación.

Tabla 66. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida "Programa de recambio de calefactores".

INSTRUMENTO	ALCANCE	2018	2019	2020	2021
AGIES	META RECAMBIO CALEFACTORES LEÑA ¹	1.625	1.625	1.625	1.625
	META RECAMBIO CALEFACTORES PELLET ¹	1.625	1.625	1.625	1.625
	VALOR UF/Eq Leña ²	15,5	15,5	15,5	15,5
	VALOR UF/Eq Pellet ²	44,1	44,1	44,1	44,1
	VALOR DE LA UF POR AÑO (\$) ³	27.565	28.309	29.070	30.991
	RECURSOS (USD) PROYECTADOS AGIES ⁴	3.338.768	3.428.883	3.521.058	3.753.736
POA	RECAMBIOS EJECUTADOS EN PDA ⁵	741	419	749	1.708
	RECURSOS (USD) EJECUTADOS EN PDA ⁵	416.333	849.230	1.137.049	2.109.543
	VALOR UF/Eq REAL	26	57	42	32

REQUERIMIENTO DE PRESUPUESTO	RECURSOS (USD) PROYECTADOS EN BASE A VALORES REALES	4.385.389	4.503.754	4.624.823	4.930.440
BRECHAS	BRECHA AGIES (USD)	-2.922.435	-2.579.653	-2.384.010	-1.644.194
	BRECHA REAL (USD)	-3.969.056	-3.654.524	-3.487.774	-2.820.897
	% PRESUPUESTO EJECUTADO SOBRE EL REQUERIDO	9%	19%	25%	43%

¹ A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2015. Considera la ejecución de 26.000 recambios en 8 años.

² A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2015. Considera valores en UF/Equipo según tecnología.

³ Se considera como valor representativo de la UF el día 31 de diciembre de cada año.

⁴ Estimado a partir de las metas anuales, el valor promedio UF/Eq y el valor de la UF al año en evaluación.

⁵ A partir de registro de ejecución indicado por SEREMI del Medio Ambiente Los Ríos.

En la Tabla 67 se presenta, una matriz con información relevante referida a la medida asociada al mejoramiento térmico de viviendas. Según se puede observar en la Tabla, se presenta las proyecciones propuestas en el AGIES que indica una tasa de implementación anual de 1.800 subsidios de aislación térmica, a un costo de 115 UF/vivienda, proyectándose así un requerimiento presupuestario anual. Luego, se presenta lo realmente ejecutado en el periodo de evaluación según reporte de la SEREMI de Vivienda y Urbanismo y SERVIU, en relación a la cantidad de subsidios ejecutados y al presupuesto ejecutado, obteniéndose un valor promedio de 262 UF/vivienda, encontrándose sobre el doble de lo presupuestado en el AGIES. Luego a partir de este valor real del costo de ejecución de la medida se estima el requerimiento de presupuesto anual para el logro de la meta propuesta por el AGIES de 1.800 subsidios térmicos a un costo de 262 UF/vivienda.

Los montos de recursos diseñados en AGIES, ejecutados y requeridos se presentan en USD para mantener una base de comparación con lo presentado en el AGIES. Se evidencia una brecha importante entre los recursos ejecutados y los requeridos al valor UF/vivienda real, acumulándose un total de \$USD-50.938.736 en el periodo de implementación,

Tabla 67. Evaluación de brechas en los recursos asociados al Mejoramiento térmico de viviendas

INSTRUMENTO	ALCANCE	2018	2019	2020	2021
AGIES	META DE SUBSIDIOS DE MT MINVU - PDA ¹	1.800	1.800	1.800	1.800
	VALOR UF/VIVIENDA SUBSIDIO ²	115	115	115	115
	VALOR DE LA UF POR AÑO (\$) ³	27.565	28.309	29.070	30.991
	RECURSOS (USD) PROYECTADOS AGIES ⁴	7.132.444	7.324.954	7.521.863	8.018.921

PDA:	SUBSIDIOS EJECUTADOS EN PDA ¹	371	624	552	330
	RECURSOS (USD) EJECUTADOS EN PDA ²	2.746.094	5.575.847	5.508.075	3.906.144
	VALOR UF/VIVIENDA SUBSIDIO REAL	215	253	275	306
REQUERIMIENTO DE PRESUPUESTO	RECURSOS (USD) PROYECTADOS EN BASE A VALORES REALES	13.323.368	16.084.173	17.961.113	21.306.242
BRECHAS	BRECHA AGIES (USD)	-4.386.350	-1.749.107	-2.013.788	-4.112.777
	BRECHA REAL (USD)	-10.577.274	-10.508.327	-12.453.038	-17.400.098
	% PRESUPUESTO EJECUTADO SOBRE EL REQUERIDO	21%	35%	31%	18%

¹ A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2015. Considera una tasa de implementación de 1.800 subsidios anuales

² A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2015. Considera un subsidio promedio de 115 UF/vivienda.

³ Se considera como valor representativo de la UF el día 31 de diciembre de cada año.

⁴ Estimado a partir de las metas anuales, el valor promedio UF/Vivienda y el valor de la UF al año en evaluación.

⁵ A partir de registro de ejecución indicado por SEREMI de Vivienda y Urbanismo en Informe de Avance PDA Valdivia año 2021.

En la Figura 11 se puede observar gráficamente las brechas respecto a lo proyectado en el AGIES y la real ejecución del PDA, así como también, respecto al requerimiento real de recursos para la ejecución de los Programas de Recambio de Calefactores y Subsidios de Mejoramiento Térmico. Para el caso de esta última medida, la brecha determinada es mucho mayor, para ambas comparaciones, pudiendo afirmarse que los costos proyectados por el AGIES para el diseño de la medida fueron ampliamente subestimados, respecto a los valores reales de ejecución, lo que se traduce en una relación costo/efectividad de la medida mucho menor al proyectado. Por otra parte, para el Programa de Recambio de calefactores, también se observa que la proyección del requerimiento real de financiamiento se encuentra subestimado en el AGIES pero se explica principalmente porque este instrumento consideró la incorporación de recambios leña/leña certificado, lo cual, en el periodo evaluado quedó fuera de los lineamientos del Ministerio del Medio Ambiente, que priorizó la incorporación de tecnologías distintas a la leña para los recambios entregados por el PDA. Para esta medida la mayor brecha de observa entre los recursos requeridos y los recursos realmente obtenidos para financiar la que representa la principal medida a la hora de reducir emisiones en la zona saturada.

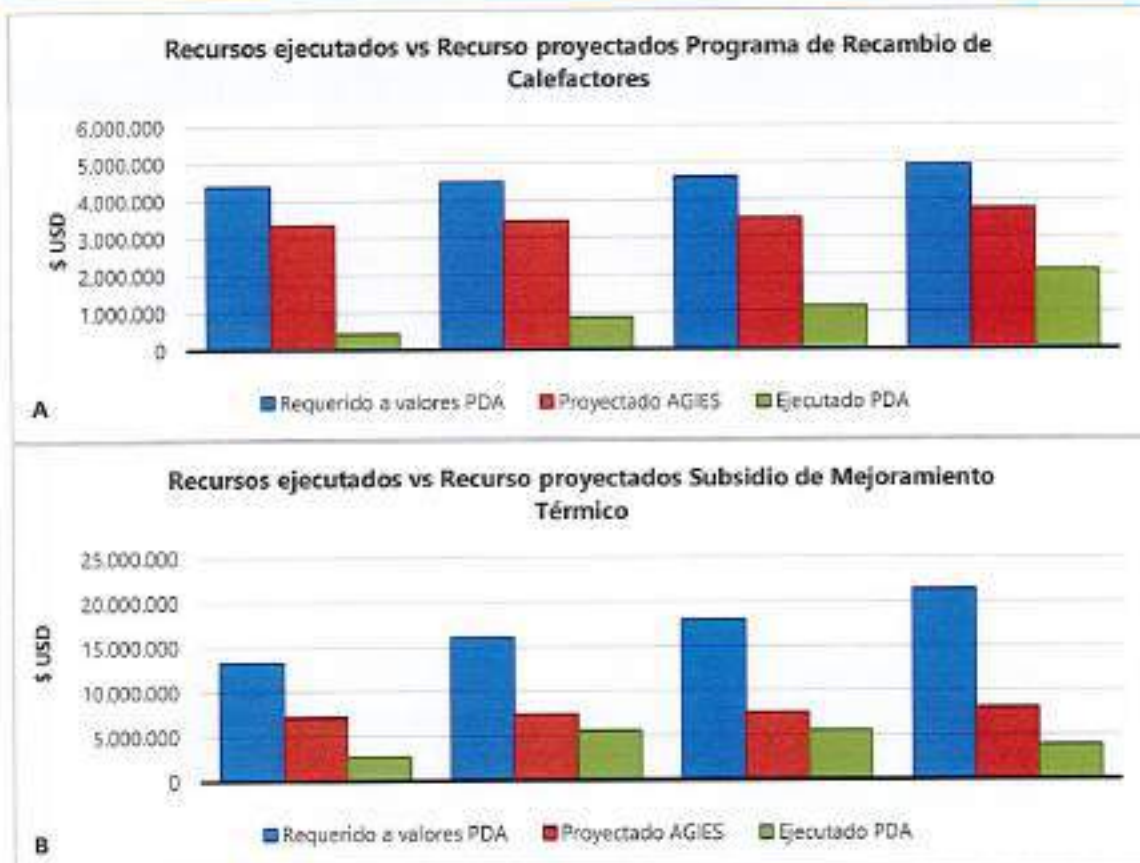


Figura 11. Recursos ejecutados v/s recursos proyectados según Programa
Fuente: elaboración propia

5.6 ACTIVIDAD 6). EVALUACIÓN DE MEDIDAS PRESCINDIBLES

Una medida puede ser prescindible o posible de sustituir por otra de mayor potencial de reducción de emisiones y menor costo de implementación.

El análisis de medidas prescindibles considera el impacto en emisiones, además de si este impacto es significativo respecto al inventario total del área saturada, según área regulada. Es importante considerar que si bien hay medidas que generan un impacto en emisiones, éste no es cuantificable con los antecedentes disponibles, por otra parte, hay medidas que no tienen un impacto directo en la reducción de emisiones, pero su implementación proporciona las condiciones para otra medida que sí genera un impacto directo. Todos estos alcances fueron analizados para cada medida y se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 68. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Artefactos

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Precedible	Justificación
Art. 4	Prohibición de chimeneas de hogar abierto y Prohibición de quemar en calefactores cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.	SI	NO	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 5	Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple	SI	NO	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 6	Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión - DS 39/2011	SI	NO	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 7	Excepción de calefactores del Programa de Recambio	NO	NO	La medida no tiene impacto directo en emisiones, pero asegura el éxito de la medida anterior respecto a los beneficiarios que acceden a este tipo de Programa.
Art. 8	Prohíbe uso calefactores a leña no certificados, en establecimientos comerciales.	SI	NO	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 9	Prohíbe uso calefactores a leña no certificados en organismos públicos y municipales.	SI	NO	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 10	Recambio de calefactores en organismo públicos y municipales.	SI	NO	Medida impacta en emisiones eliminando la fuente institucional asociada a combustión de leña.
Art. 11	Recambio de calefactores a leña	SI	NO	Medida impacta en emisiones mejorando la tecnología de los artefactos en uso, lo que impacta en el factor de emisión por tipo de artefacto y en el nivel de actividad, ya sea reduciendo el consumo de leña o bien eliminándolo en el caso de tecnologías diferentes a leña.
Art. 12	Registro de calefactores a leña	NO	SI	Por sí misma la medida no genera un impacto en emisiones por cuanto no asegura que los usuarios que se registran renueven su artefacto a leña.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de los artefactos, el análisis indica que dos de éstos no tendrían un impacto directo en la reducción de emisiones por no asegurar que su ejecución genere un cambio en las variables que inciden en la estimación de emisiones de esta fuente. Existe una medida que establece una excepción a la prohibición de uso de calefactores a leña no certificados a partir del año 2025, a los calefactores que fueron entregados mediante el Recambio de Calefactores impulsado por el Ministerio del Medio Ambiente y que pudieron haberse otorgado antes de la entrada en vigencia de la norma de emisión de calefactores (D.S.N°39/2011 MMA), lo cual no genera un impacto directo en emisiones, sin embargo, proporciona seguridad a los beneficiarios que optaron por recambiar su calefactor mediante el Programa de Recambio de Calefactores. De igual manera, la medida del artículo 12 que indica un registro de calefactores a leña, tampoco genera por sí misma impacto en emisiones. Las medidas que resultan tener un impacto en la reducción de emisiones son las que dicen relación con la prohibición de artefactos tipo chimenea, hechizo, salamandra, cámara simple y de todo calefactor a leña no certificado.

Esta prohibición tendrá un efecto en la reducción de emisiones, al promover el recambio tecnológico y renovar el parque de calefactores por equipos con menores factores de emisión. El Programa de Recambio de Calefactores viene a acelerar este recambio de tecnologías, siendo una la medida más relevante en términos de la reducción de emisiones, impactando tanto en el factor de emisión como en el nivel de actividad, además de reducir la penetración de la leña como combustible, cuando se recambia otro tipo de tecnología.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida que establece el Programa de recambio de Calefactores ha significado una reducción del 22,9% de la reducción total, respecto al escenario base. Por otra parte, el recambio natural, atribuible a las iniciativas particulares de los usuarios, ya sea por renovación por vida útil, recambio tecnológico y en cumplimiento de medidas que prohíben uso de tecnologías precarias, ha contribuido con un 24,4% de la reducción de emisiones, según estimaciones desarrolladas en el presente estudio.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento de los artefactos de combustión como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. El impacto de este sector en la reducción de emisiones se hace efectivo cuando las medidas se ejecutan de manera correcta y los artefactos sean empleados en condiciones de buena operación. Esto se torna relevante a la hora de estimar el impacto de calefactores a leña certificados, los cuales presentan bajos factores de emisión, sin embargo, se tienen algunas nociones que indican que, en condiciones reales de operación, estos factores de emisión pueden aumentar respecto a los que se indican como límites de emisión para este tipo de artefactos. Otro aspecto relevante a considerar tiene relación con el Programa de Recambio de Calefactores, y se refiere a que se debe asegurar que los beneficiarios conserven el recambio en sus viviendas y no migren nuevamente a la leña, ya sea por costumbre, por los quiebres de stock de pellet, o porque el nuevo artefacto no proporciona condiciones de confortabilidad térmica dentro de la vivienda, lo cual se puede dar, por ejemplo, en viviendas con pobre aislación térmica.

Respecto a **las medidas prescindibles** para este sector, se considera que, de las medidas que no impactan en emisiones, se podría prescindir de la contenida en el **Art. 12 (Sistema de Registro de Calefactores y cocinas a leña)**, ya que no impacta en emisiones, y no posee mayor relevancia en términos uso de la información allí contenida.

Tabla 69. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Leña

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 13	Elaboración ordenanza Municipal para la regulación del comercio de leña	SI	NO	La publicación de la ordenanza es fundamental para regular el comercio de leña en la zona saturada y que los organismos con rol fiscalizador puedan regular a comerciantes.
Art. 14	Exigencia de comercio de leña seca en la zona saturada	SI	NO	La exigencia de comercialización de leña seca aumenta su oferta en la zona saturada, lo que impacta en el factor de emisión de la fuente combustión residencial de leña.
Art. 15	Programa de fiscalización anual de comercio de leña seca	SI	NO	Esta medida asegura que los productores y comerciantes cuenten con leña seca en la zona saturada, lo que impacta en el factor de emisión de la fuente combustión residencial de leña. Sin embargo, esta medida tendrá el impacto esperado siempre y cuando exista una ordenanza que regule el comercio de leña y una vez que esto ocurra, que las fiscalizaciones sean suficientes respecto a la frecuencia y al universo de todos los comerciantes.
Art. 16	Programa anual de fomento y apoyo a la producción de leña seca	SI	NO	Medida impacta en emisiones proporcionando financiamiento a los productores para aumentar la oferta de leña seca. Sin embargo, esta medida tendrá impacto en reducción de emisiones siempre y cuando considere el seguimiento de

				los beneficiarios de manera tal que se asegure que los recursos entregados aportan a producir leña seca.
Art. 17	Registro de comerciantes de leña	NO	NO	Medida no asegura que los comerciantes que se inscriban en este registro aumenten su oferta de leña seca luego de ingresar el registro, dado que no existe ordenanza que exija comercializar leña seca. Aun así, no se puede considerar como prescindible toda vez que aporta a formalizar el rubro.
Art. 18	Reporte mensual de leña seca	SI	NO	Medida entrega información al usuario respecto a puntos de venta de leña seca, por lo tanto, podría aumentar su consumo. Así también incentiva a los comerciantes para que cuenten con stock de leña seca con el objetivo de aparecer en el reporte.
Art. 19	Acuerdo producción limpia comerciantes de leña	SI	NO	Medida no implementada. Podría tener un impacto en emisiones a partir de su implementación, pero la evidencia indica que no será factible tras persistir las brechas detectadas en el comercio de leña, en relación a la alta informalidad y escasa asociatividad.
Art. 20	Programa de incentivo y apoyo a la industria de dendroenergéticos distintos a la leña	SI	NO	Medida impacta en emisiones proporcionando financiamiento a la producción de combustibles dendroenergéticos distintos de la leña. Pero esta medida tendrá el impacto esperado toda vez que sea implementada. Se considera fundamental poner énfasis a la ejecución de medidas de este tipo para dar soporte y continuidad a los Programas de Recambio de Calefactores que generan año a año una mayor demanda de combustibles como el pellet.
Art. 21	Diseño de indicadores de energía calórica de la leña	NO	SI	Medida no asegura que los usuarios aumenten su consumo de leña seca producto de la elaboración de indicadores de energía calórica comercializada en la zona saturada.
Art. 22.1	Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)	NO	SI	Medida no asegura que los usuarios aumenten su consumo de leña seca producto de la elaboración de indicadores de energía calórica comercializada en la zona saturada.
Art. 22.2	Xilohigrómetro	NO	SI	Medida no asegura que comerciantes de leña aumenten su oferta de leña seca por contar con xilohigrómetro.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de la leña el análisis indica que 4 de éstas no tendrían un impacto directo en la reducción de emisiones por no asegurar que su ejecución genere un cambio en las variables que inciden en la estimación de emisiones de esta fuente o por no ser medidas vinculantes. De las medidas que resultan tener un impacto en emisiones, las que dicen relación con exigencia de uso y comercialización de leña seca, además de los Programas de fomento a la producción de leña seca y dendroenergéticos distintos de la leña, tendrán un efecto al aumentar la proporción de leña seca que se utiliza en la zona saturada, mejorando la proporción del nivel de actividad que se asocia a un factor de menor emisión. Pero estas medidas tendrán efecto toda vez que exista un instrumento que regule

el comercio de leña seca en la comuna y que permita la correcta implementación de las medidas para que puedan generar el impacto esperado.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, en la práctica esta estimación se ha realizado en base a supuestos y proyecciones, dado que con los antecedentes disponibles no es posible definir de forma certera cuál es el porcentaje de leña seca que está siendo empleado por la población en el área de estudio. Por otra parte, los servicios que otorgan Programas de fomento no disponen de manera general, de un seguimiento que indique cuánta leña seca se proporciona al mercado producto de la ejecución de los proyectos. Luego, en base a la estimación de la actualización del inventario de emisiones para Valdivia año base 2021, a partir del cual se ejecutó una campaña de medición en terreno de la humedad de la leña en viviendas del área urbana de la comuna se pudo determinar el porcentaje de leña seca equivalente a un 56% de los hogares. Este resultado tiene limitaciones por cuanto corresponde a un momento específico del año en donde se realizó el muestreo y da cuenta de las condiciones de uso para ese momento. Con esta información y otros supuestos, explicados anteriormente en el punto 5.3.2 del presente informe se tiene que la regulación del sector mejoramiento de leña seca proporcionaría una reducción equivalente al 28,9% respecto a la reducción total generada por la implementación de todas las medidas del sector residencial comparado con un escenario base sin PDA.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento de la calidad de la leña como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. Sin embargo, el impacto en emisiones se podrá observar siempre y cuando se cuente con un instrumento que regule el comercio de leña seca, a través de una ordenanza municipal, se intensifiquen las actividades de fiscalización, se logre aumentar el grado de formalización del mercado de leña, y los programas de financiamiento cuenten con un seguimiento tal que permita establecer que efectivamente se está aumentando la oferta de leña seca en el mercado producto de su ejecución.

Respecto a **las medidas prescindibles** para este sector, se considera que, de las medidas que no impactan en emisiones, se podría prescindir de la contenida en el Art. 22.2 (Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña), Art. 21, (Diseño de indicadores de energía calorífica de la leña) y Art. 22.1. (Exigencia de información de características de la leña comercializada [precio por caloría]).

Tabla 70. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento Térmico

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 23	Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes	SI	NO	Medida impacta en emisiones ya que reduce la demanda energética de la vivienda, lo que impacta en un menor nivel de actividad.
Art. 24	Llamados especiales Subsidio Acondicionamiento térmico	SI	NO	Medida impacta en emisiones ya que reduce la demanda energética de la vivienda, lo que impacta en un menor nivel de actividad.
Art. 25	Programa de subsidio adicional para ampliaciones no regularizadas	SI	NO	Medida impacta de manera indirecta, ya que proporciona condiciones para viviendas no regularizadas puedan acceder al Subsidio de Aislación Térmica.
Art. 26	Norma de aislación térmica para subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes	SI	NO	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.
Art. 27	Estándares iniciales acondicionamiento térmico (subsidio)	SI	NO	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.
Art. 28	Estándares finales acondicionamiento térmico (viviendas nuevas)	SI	NO	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.

Art. 29	Fiscalización de los subsidios de acondicionamiento térmico	SI	NO	Medida impacta en emisiones asegurando que se cumplan los estándares térmicos establecidos.
Art. 30	Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda	SI	NO	Medida impacta en emisiones entregando indicaciones técnicas para quienes ejecután las obras destinadas a mejorar las condiciones térmicas de la vivienda.
Art. 31	Evaluación de nuevos materiales aislantes en base a madera	NO	SI	La medida por sí misma no impacta en emisiones, dado que se trata de una evaluación de carácter exploratorio, lo que es poco significativo para la reducción de emisiones. Se puede prescindir de esta medida para enfocar recursos en fortalecer medidas que generen un mayor impacto.
Art. 32	Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	SI	NO	La medida en sí misma no genera impacto en la reducción de emisiones, dado que su ejecución no asegura que sus resultados se apliquen en viviendas en la zona saturada. Sin embargo, no se recomienda prescindir porque representa un avance en la mejora energética de viviendas.
Art. 33	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo.	SI	NO	La medida como proyecto piloto puede tener un impacto poco significativo en la reducción de emisiones, sin embargo, proporciona antecedentes de base para escalar esta tecnología y poder aplicar los resultados a una escala en que genere un impacto más significativo.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la eficiencia térmica de la vivienda, el análisis indica que casi la totalidad genera un impacto en las emisiones. Cuando la medida asociada al Subsidio de Aislación Térmica es ejecutada en viviendas que utilizan leña como combustible, entonces la medida impacta reduciendo el nivel de actividad de la fuente de combustión residencial de leña. Cuando el subsidio es ejecutado en viviendas que consumen una tecnología distinta a leña, entonces el mejoramiento térmico de la vivienda proporciona el soporte para dar continuidad al uso de un combustible distinto a la leña, este aspecto toma relevancia para los beneficiarios del Programa de Recambio de Calefactores, en donde una vivienda con pobres condiciones térmicas puede generar la necesidad de volver al uso de leña como combustible. Las medidas asociadas a establecer los estándares térmicos, se presenta como altamente relevante, siempre y cuando se encuentre asociado a una suficiente fiscalización de que se cumplen los estándares definidos, tanto para viviendas existentes en el caso de los subsidios térmicos y para viviendas nuevas.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida asociada al subsidio de aislación térmica ha significado una reducción del 1,3% de la reducción total, respecto al escenario base.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento térmico de la vivienda como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. El impacto de este sector en la reducción de emisiones se hace efectivo en la medida que las obras se ejecuten de la manera correcta para lograr los estándares térmicos establecidos en el PDA, lo cual debe ser fiscalizado por los organismos competentes.

Respecto a las **medidas prescindibles** para este sector, se considera que, la única medida que podría serlo corresponde a la establecida en el Art. 31, (Evaluación de nuevos materiales aislantes en base a madera) dado que su implementación no se ha priorizado y solo representa a una evaluación exploratoria que no incide en la reducción de emisiones como objetivo principal del PDA.

Tabla 71. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Calderas y otras fuentes

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 34	Norma producto calderas nuevas PTN < 75kWt	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 35	Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 36	Límites de emisión de SO ₂ para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 3 MWt	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 37	Monitoreo continuo de emisiones para MP y SO ₂ para calderas con potencia térmica nominal por sobre 20 MWt. Protocolo CEMS y mediciones discretas MP y SO ₂	Si	NO	La tiene un impacto indirecto en la reducción de emisiones, dado que es necesaria para cumplir las medidas que establecen límites de emisión para las distintas fuentes, por lo tanto, este artículo se complementa a los artículos que 34, 35 y 36.
Art. 38	Monitoreo discreto de emisiones para MP y SO ₂ para calderas con potencia térmica nominal entre 75 kWt y 20 MWt	Si	NO	La tiene un impacto indirecto en la reducción de emisiones, dado que es necesaria para cumplir las medidas que establecen límites de emisión para las distintas fuentes, por lo tanto, este artículo se complementa a los artículos que 34, 35 y 36.
Art. 39	Registro de calderas	No	NO	La ejecución de esta medida no asegura que las fuentes registradas reduzcan su nivel de emisión, por lo tanto, no impacta en emisiones.
Art. 40	Corrección de oxígeno de los valores medidos de emisión en chimenea	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 41	Estudios: Potencial cogeneración Medidas para reducir consumo de combustible y emisiones	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones, toda vez que los resultados de estos estudios sean implementados por las industrias ubicadas en la zona saturada.
Art. 42	Programa Piloto de Recambio de Calderas en organismos públicos.	Si	NO	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 43	APL Mejoramiento tecnológico del sector panaderías	No	Si	Esta medida podría generar un impacto en las emisiones siempre y cuando el rubro panadero esté dentro de los principales emisores, sin embargo, en el área de estudio, las panaderías funcionan principalmente a gas y otras a petróleo [2]. Por lo tanto, se considera prescindible.
Análisis del impacto en emisiones del sector: El sector asociado al control de las emisiones al aire de calderas y otras fuentes emisoras representa cerca del 1% de las emisiones totales de MP2,5 de la zona saturada, según el inventario de emisiones año base 2021 [2], y se estima una emisión anual de 27 ton de MP2,5. Este bajo aporte proveniente de las fuentes puntuales se atribuye principalmente a los límites establecidos en el PDA Valdivia. Si bien la fuente no es tan relevante en cuanto a su aporte, es importante que el PDA establezca estos límites de emisión para establecer una restricción y mantener de esta forma, las emisiones al mínimo.				

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, las medidas que establecen los límites de emisión han significado una reducción del 91% respecto a un escenario base. Esto se estima considerando que las emisiones de fuentes puntuales se habrían mantenido en el tiempo si no estuvieran reguladas por el PDA, logrando pasar de 310 a 27 ton/año de MP2,5 entre el inventario de emisiones 2013 (6) y 2021 (2).

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como relevante respecto a la necesidad de la regulación de este tipo de fuentes, evitando que su aporte en la contaminación del área saturada aumente y se limite a los niveles mínimos.

Respecto a las **medidas prescindibles** para este sector, se considera que, la única medida que podría serlo corresponde a la establecida en el Art. 43. (APL panaderías) dado que su ejecución no genera impacto en reducción de emisiones.

Tabla 72. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Quemados agrícolas

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 44	Prohibición de quemados agrícolas del 1º de mayo al 30 de septiembre	NO	NO	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones, solo las restringe a un periodo de tiempo específico. La medida aporta a no aumentar las emisiones en el periodo del año, donde ocurren las mayores emisiones provenientes de la combustión residencial de leña.
Art. 45	Plan de difusión sobre quemados	NO	NO	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones. Su implementación permite el cumplimiento de la medida contenida en artículo 44.
Art. 46	Programa de buenas prácticas agrícolas	NO	SI	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones. En lo que respecta al efectivo reemplazo del uso del fuego por mejores prácticas agrícolas por parte de los agricultores, considerando que son prácticas arraigadas en este sector y constituyen una de las opciones de menor costo para ellos.
Art. 48	Prohibición de quemados al aire libre o quemados abiertos	SI	NO	La ejecución de esta medida tiene un impacto en emisiones al eliminar una fuente de emisión urbana. Sin embargo, esta medida no cuenta con un servicio a cargo de su fiscalización, por lo tanto, está contenida en el PDA, pero no se tiene efecto en emisiones dado que no se ejecuta.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

El sector asociado a quemados agrícolas tiene una participación menor respecto a las emisiones de material particulado en la zona saturada, con un aporte menor al 0,5% de las emisiones totales del área de estudio. Por otra parte, las medidas contenidas, no suponen un impacto en emisiones ya que regulación de esta fuente se orienta a restringirla a un periodo del año específico donde no se suma a las emisiones provenientes de la fuente residencial de leña.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones se estima que no existe una reducción de emisiones asociada a este sector a partir de la implementación de las medidas contenidas en el PDA, que regulan esta fuente.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante, de acuerdo a que su aporte a las emisiones totales de la zona saturada es menor, y las medidas contenidas no limitan las emisiones de esta fuente, sino que solo las restringen a un periodo específico.

Respecto a **las medidas prescindibles** corresponde a la contenida en el artículo 46, dado que para los objetivos del PDA resulta no tener impacto significativo. Respecto a las medidas del artículo 44 y 45, aun cuando no impactan en emisiones se considera importante que las quemas no ocurran en periodos donde comienza las emisiones de combustión residencial de leña y por lo tanto se debe mantener este periodo de restricción.

Tabla 73. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Transporte

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 49	Programa de Renovación de Buses	Si	No	La medida impacta en emisiones retirando buses con mayores factores de emisión y reemplazándolos por máquinas menos contaminantes.
Art. 50	Programa de control de MP para vehículos del transporte público y de carga en la zona saturada.	Si	No	Esta medida impacta en emisiones aumentando el control de las fuentes asociadas a buses urbanos y transporte de carga.
Art. 51	Exigencias orientadas a reducir emisiones para buses del transporte público	Si	No	La medida impacta en emisiones estableciendo límites para este fuente.
Art. 52	Bases licitación nuevas concesiones PRT	Si	No	La implementación de esta medida proporciona el método para el control de emisiones del sector.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

El sector asociado al control de las emisiones del transporte representa cerca del 1,2% de las emisiones totales de MP2,5 de la zona saturada, y dentro de este sector, las emisiones provenientes del transporte público representan menos del 0,5% del total emitido en la zona saturada.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida contenida en el artículo 49, correspondiente al Programa de Renovación de Buses permite cuantificar este impacto, el cual se estima en 2,1 ton/año promedio.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante de acuerdo a que su aporte a las emisiones totales de la zona saturada.

Respecto a **las medidas prescindibles** indica que, si bien las medidas establecidas para regular este sector tienen un impacto en la reducción de emisiones, estas resultan ser poco significativas en relación a la inversión que implica su implementación. Las medidas establecidas tienen mayores efectos en proporcionar un mejor servicio a los usuarios, que, de generar una reducción de emisiones, por lo tanto, se debe continuar con la renovación de buses (aun cuando se cumplieron las metas) y mejoramiento del sistema de transporte, pero no necesariamente deben estar contenidas en el PDA.

Tabla 74. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Compensación Emisiones

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 53	Exigencia de compensación de emisiones de un 120% para proyectos en el SEIA que generen más de 1 ton/año de MP	Si	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 54	Exigencia de informe de emisiones para proyectos SEIA que deban compensar emisiones	Si	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.

Art. 55	Exigencia de programa de compensación de emisiones para proyectos SEIA que deban compensar emisiones	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 56	Las compensaciones no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas vigentes ni se harán valer emisiones cedidas por actividades que igual daban cerrar.	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 57	Cumplimiento Programa de Compensación de Emisiones	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones asociadas a los planes de compensación tienen impacto en la reducción del sector de combustión residencial de leña. A partir de estas exigencias, los proyectos instalados en la zona saturada evitan compensar mediante la instalación de artefactos de combustión más eficientes y menos contaminantes. La reducción asociada para este sector se cuantifica como "Recambio de Calefactores a través de proyectos evaluados SEIA", alcanzando un 1,7% de la reducción total.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como relevante dado que su implementación permite estancar y reducir emisiones asociada a viviendas nuevas.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 75. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector GEC

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art.	Plan Operacional de Gestión de Episodios Críticos	SI	NO	La medida impacta en emisiones, permitiendo conocer el estado de la calidad del aire en la zona saturada, siendo fundamental para la regulación de las fuentes contaminantes.
Art. 59	Seguimiento a la calidad de aire por MP10 y MP2,5, y meteorología. Información respecto a episodios críticos.	SI	NO	La medida impacta en emisiones, permitiendo conocer el estado de la calidad del aire en la zona saturada, siendo fundamental para la regulación de las fuentes contaminantes.
Art. 60	Implementación sistema de pronóstico para MP10 y MP2,5	SI	NO	La medida impacta en emisiones, permitiendo establecer los días de episodio de contaminación para la aplicación de medidas GEC.
Art. 61	Plan comunicacional de difusión a la ciudadanía, durante la GEC, informando calidad de aire, pronóstico para MP2,5 y medidas a implementar.	SI	NO	Medida impacta en emisiones, informando a la comunidad respecto de las restricciones en período GEC.
Art. 62	Procedimiento para la declaración de un episodio crítico de MP2,5	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 63	Subdivisión de polígonos territoriales para gestión de episodios en la zona saturada	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.

Art. 64	Exigencias y prohibiciones en Alerta, Preemergencia y Emergencia	SI	NO	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 65	Eventos de GEC proyectos inmobiliarios con calefacción distrital o energía comunitaria	SI	NO	Promueve este tipo de calefacción alternativo.
Art. 66	Información oportuna de GEC a establecimientos educacionales	SI	NO	Medida impacta en emisiones, informando a la comunidad respecto de las restricciones en periodo GEC.
Art. 67	Suspensión de actividades física en establecimientos educacionales	NO	NO	La medida no impacta en reducción de emisiones, sin embargo, impacta en la salud de la población.

Análisis del impacto en emisiones del sector:

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones asociadas a la gestión de episodios críticos, fue posible estimar una reducción promedio de 53 ton/año de MP10 y 49 ton/año de MP2,5 (periodo 2018-2021), con valores que varían según la ocurrencia de episodios de contaminación.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se considera que el sector aporta una reducción efectiva de contaminantes en los días del año en que el problema de la contaminación del aire se agudiza, por lo que se considera un grupo de medidas relevantes para los objetivos del PDA.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 76. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Educación

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 69	Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS)	SI	NO	Las medidas de educación ambiental impactan en emisiones al promover mejores prácticas en temas de calefacción residencial, mejores condiciones de operación y adopción de medidas de restricción que inciden en la reducción de emisiones en caso de que la estrategia comunicacional sea efectiva.
Art. 70	Financiamiento CIEDS (Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable)	SI	NO	
Art. 71	Temática calidad del aire en establecimientos educacionales municipalizados	SI	NO	

Análisis del impacto en emisiones del sector:

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones del sector Educación el resultado indica que no se cuenta con antecedentes necesarios para estimar este parámetro de manera certera, lo que requiere estudios más específicos al respecto. De todas maneras, mejoras en las condiciones de operación de los calefactores a leña, mayor uso de leña seca y adopción de nuevas tecnologías puede atribuirse a factores como la educación en torno a la temática.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como relevante dado que su implementación tiene gran potencial, influyendo en varios aspectos determinantes en la generación de emisiones.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 77. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Fiscalización

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 72	Fiscalización del POA por parte de la SMA y generación de subprogramas de fiscalización	NO	NO	Corresponden a medidas de tipo administrativas asociadas a la gestión pública, por lo tanto, no se consideran medidas que impacten de manera directa en la reducción de emisiones. Sin embargo, de su ejecución se deriva el correcto y oportuno cumplimiento de metas establecidas en el PDA.
Art. 73	Programa de fiscalización anual de las medidas del PDA	NO	NO	
Art. 74	Informe de cumplimiento anual de las medidas del PDA por parte de la SMA	NO	NO	
Art. 75	Revisión y actualización del PDA en 5 años	NO	NO	

Análisis del impacto en emisiones del sector:

Respecto a la **cuantificación del impacto** no se considera su estimación por corresponder a medidas de tipo administrativas.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como sin impacto directo. Sin embargo, su ejecución permite que las medidas contenidas en el PDA tengan una implementación oportuna y acorde a las metas propuestas para reducir emisiones en la zona saturada.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector respecto a la necesidad de una correcta planificación de las medidas a ejecutar por parte de los servicios competentes, el oportuno reporte de medidas ejecutadas y la fiscalización de la oportuna implementación se recomienda no prescindir de ninguna de las medidas.

Tabla 78. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Medidas complementarias

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Medida Prescindible	Justificación
Art. 76	Actualización inventario de emisiones	NO	NO	La elaboración de un inventario no reduce las emisiones, sin embargo, impacta de manera indirecta, permitiendo focalizar acciones hacia las fuentes de emisión más relevantes en la zona.
Art. 77	Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA, a fin de solicitar el financiamiento que asegure dicho cumplimiento.	NO	NO	La medida tiene impacto indirecto en la reducción de emisiones, permitiendo dimensionar los recursos necesarios para la ejecución de las medidas contenidas en el PDA, que generan impacto en reducción de emisiones.
Art. 78	Auditoría Plan. de Descontaminación	NO	NO	La medida tiene carácter técnico administrativa. No genera un impacto directo en emisiones, sin embargo, es necesaria para verificar la correcta y oportuna ejecución del PDA.
Art. 79	Ciclovías	SI	SI	La medida impacta en reducir emisiones toda vez que incentiva a usuarios de automóviles a utiliza transporte cero emisión, y también para conservar a usuarios de bicicleta a no utilizar el automóvil. La medida representa un bajo impacto en emisiones, sin embargo, se considera relevante en cuanto a su impacto en la calidad de vida, no obstante, podría formar parte de los objetivos institucionales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo más que

				de los objetivos del PDA, que debería enfocarse en la principal fuente de emisión.
Art. 80	Publicación Normas Chilenas relativas al Plan	NO	NO	La medida tiene carácter informativa. No genera un impacto directo en emisiones. Pero son requeridas para tener conocimiento respecto a los cuerpos normativos que rigen las distintas medidas del Plan.
Análisis del impacto en emisiones del sector:				
Respecto a la cuantificación del impacto en la reducción de emisiones para las medidas complementarias, no fueron determinadas.				
Respecto a la relevancia del sector en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante por cuanto no generará impacto directo.				
El análisis de medidas prescindibles indica que, para la medida contenida en el Artículo 79, respecto a creación de ciclovías, representa un aporte en la calidad de vida en variados aspectos, sin embargo, por su bajo impacto en reducción de emisiones, se recomienda que esta medida forme parte de los objetivos de la institución a su cargo, más que los del PDA, por cuanto éste último debería enfocarse en la principal fuente de emisión.				

6 OBJETIVO B). ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES

6.1 ACTIVIDAD 1). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE

6.1.1 ESTACIONES DE MONITOREO

En el área de estudio, se encuentra una estación de monitoreo oficial, a cargo del Ministerio del Medio Ambiente, denominada Estación Valdivia, la que cuenta con representatividad poblacional para los contaminantes MP10 (desde el 17-07-2008 según Res. Ex. 288/2008 de la SEREMI de Salud de la región de Los Ríos), MP2,5 (desde 06-08-2012 según Res. Ex. N° 5918/2012 de la SEREMI de Salud de la región de Los Ríos). Además, monitorea gases (dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono) y variables meteorológicas (humedad relativa del aire, temperatura ambiente, dirección del viento y velocidad del viento).

La Tabla 79 presenta la información que caracteriza la estación Valdivia, luego en la Figura 12 se puede observar su ubicación en el área de estudio.

Para el caso de las precipitaciones, la información se obtuvo de la estación agrometeorológica Austral, dado que no se encuentra registro en la Estación Valdivia.

Tabla 79. Estaciones de monitoreo de calidad del aire y meteorológicas

Parámetro		Estación Valdivia
Comuna		Valdivia
Propietario		MMA
Operador		Algoritmos y Mediciones Ambientales SpA
Periodo Operación EMRP		17-07-2008 a la fecha
Coordenadas		Datum WGS84 - Huso 18H
Coordenada Este		651593
Coordenada Sur		5589460
Resolución temporal		Continuo - 1 hora
Acceso a plataforma web		https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/E03
Contaminante	Dióxido de azufre	✓
	Dióxido de nitrógeno ¹	✓
	Monóxido de carbono	✓
	Ozono ²	✓
	Material particulado MP 10	✓
	Material particulado MP 2,5	✓
Meteorología	Humedad relativa del aire	✓
	Temperatura ambiente	✓
	Dirección del viento	✓
	Velocidad del viento	✓
	Precipitaciones ³	✓

¹ monitoreo disponible hasta el 20-07-2020

² monitoreo disponible hasta el 28-02-2018

³ la variable precipitaciones fue obtenida de la Estación Austral de la red agrometeorológica (AGROMET)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SINCA y AGROMET³

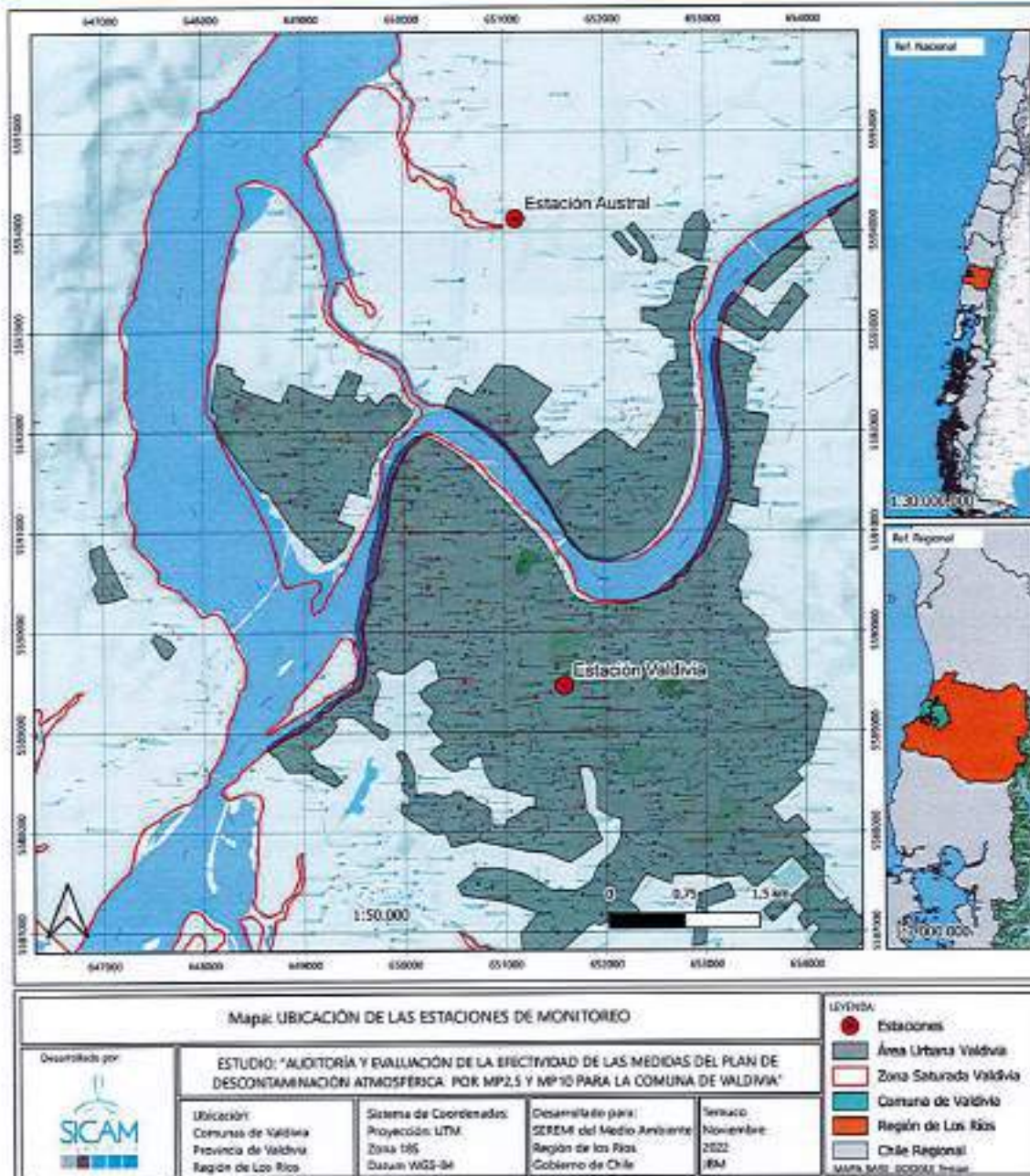


Figura 12. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 NORMAS PRIMARIAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las normas primarias de calidad del aire que regulan límites máximos de material particulado MP10 y MP2,5 se presentan en la Tabla 80.

Tabla 80. Normas de calidad del aire para material particulado

Contaminante	Norma	Valor	Periodo Evaluación	Forma de Verificación	Referencia normativa
Material Particulado Respirable (MP ₁₀)	Diaria	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Periodo aritmético de 24 horas	Percentil 98 de concentraciones de 24 horas durante un año calendario o más de 7 días de superación en un año.	D.S. N° 59/98 MINSEGPRES (*)
	Anual	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Periodo aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos	
Material Particulado Fino Respirable (MP _{2,5})	Diaria	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo aritmético de 24 horas	Percentil 98 de concentraciones de 24 horas durante un año calendario.	D.S. N° 12/11 MMA
	Anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos	

(*) a partir de 2022 rige D.S. N° 12/22 MMA que actualiza norma de MP10.

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que para el año 2022, se promulga el D.S. N°12/22 del MMA que establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 y que deroga el D.S. N°59/98 del MINSEGPRES. En este decreto se actualiza la norma diaria y se fija en 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, sin embargo, rige desde 2022 y el análisis realizado en el área de estudio se considera para el periodo comprendido entre los años 2015 y 2021, por lo tanto, los límites de referencia son los establecidos en el D.S. N°59/98 del MINSEGPRES para el análisis.

6.1.3 RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

A continuación, se presenta la información obtenida del monitoreo de calidad del aire para la comuna de Valdivia para los contaminantes MP10 y MP2,5. En Anexo 2 y 3 se presenta la base de datos que permiten obtener estos parámetros.

6.1.3.1 Material particulado respirable MP10

A continuación, en la Tabla 81, se presenta el resumen de la información de monitoreo de material particulado MP10 obtenida de la estación Valdivia para la comuna del mismo nombre. El análisis se realizó para el periodo 2015-2021.

Tabla 81. Análisis del monitoreo de MP10 - Estación Valdivia 2015-2021

MP10 - VALDIVIA 1		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Data anual								
Nº datos 24 hr validados		356	356	346	353	353	358	352
% de datos diarios válidos		98%	97%	95%	97%	97%	98%	96%
% de datos horarios válidos		96%	97%	96%	97%	97%	97%	97%
Meses válidos		12	12	12	12	12	12	12
Parámetros norma diaria (150 µg/m³N)								
Total de días sobre norma		17	40	3	13	5	3	4
P98 promedios diarios		141	170	129	142	127	90	105
% P98 respecto de la norma		94%	113%	86%	94%	85%	60%	70%
Parámetros norma anual (50 µg/m³N)								
Promedio Anual		55	66	42	46	37	36	34
Promedio Trianual		-	-	54	51	42	40	36
% promedio trianual respecto de la norma		-	-	109%	103%	83%	79%	71%
Episodios de contaminación								
Número de episodios		14	32	1	11	1	0	4
Nº de días	BUENO (0 - 149 µg/m³N)	324	292	344	336	349	355	350
	REGULAR (150 - 194 µg/m³N)	26	39	10	13	8	6	4
	ALERTA (195 - 239 µg/m³N)	9	19	1	9	0	0	4
	PREEMERGENCIA (240 - 329 µg/m³N)	4	11	0	2	1	0	0
	EMERGENCIA (> 330 µg/m³N)	1	2	0	0	0	0	0
	Total días	14	32	1	11	1	0	4
Nº de horas	BUENO (0 - 149 µg/m³N)	7.959	7.617	8.266	8.175	8.418	8.559	8.380
	REGULAR (150 - 194 µg/m³N)	259	539	91	222	78	55	88
	ALERTA (195 - 239 µg/m³N)	134	290	11	73	4	-	13
	PREEMERGENCIA (240 - 329 µg/m³N)	44	88	-	27	19	-	-
	EMERGENCIA (> 330 µg/m³N)	10	30	-	-	-	-	-
	Total horas	188	408	11	100	23	0	13

Fuente: Elaboración propia a partir de la data disponible en el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) Evaluado a partir de los niveles indicados en el D.S. 59/98 del MINSEGPRES (7)

6.1.3.2 Material particulado fino respirable MP2,5

A continuación, en la Tabla 82, se presenta el resumen de la información de monitoreo de material particulado MP2,5 obtenida de la estación Valdivia, para la comuna del mismo nombre, de propiedad del Ministerio del Medio Ambiente. El análisis se realizó para el período comprendido entre los años 2015-2021.

Tabla 82. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Valdivia periodo 2015-2021

MP2,5 - VALDIVIA 1		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Data anual								
N° datos 24 hr validados		350	342	351	354	356	341	353
Porcentaje de datos diarios válidos		96%	93%	96%	97%	98%	93%	97%
Porcentaje de datos horarios válidos		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Meses válidos		12	12	12	12	12	12	12
Parámetros norma diaria (50 µg/m³)								
Total de días sobre norma		104	107	80	98	72	73	63
P98 promedios diarios		130	146	129	150	133	112	114
% P98 respecto de la norma		260%	292%	257%	300%	266%	224%	228%
Parámetros norma anual (20 µg/m³)								
Promedio Anual		38	40	33	37	30	29	27
Promedio Trianual		-	-	37	36	33	32	28
% promedio trianual respecto de la norma		0%	0%	184%	182%	165%	159%	142%
Episodios de contaminación								
Número de episodios		84	98	62	81	52	58	46
N° de días	BUENO (0 – 49 µg/m³)	223	210	230	226	253	247	259
	REGULAR (50 – 79 µg/m³)	42	34	58	46	49	52	46
	ALERTA (80 – 109 µg/m³)	53	39	29	39	23	39	26
	PREEMERGENCIA (110 – 189 µg/m³)	25	47	29	31	25	15	15
	EMERGENCIA (> 170 µg/m³)	6	12	4	11	4	4	5
	Total días	84	98	62	81	52	58	46
N° de horas	BUENO (0 – 49 µg/m³)	6.018	5.646	6.584	6.201	6.815	6.842	7.011
	REGULAR (50 – 79 µg/m³)	1.187	1.120	879	1.088	991	974	835
	ALERTA (80 – 109 µg/m³)	805	800	591	615	417	553	389
	PREEMERGENCIA (110 – 189 µg/m³)	328	592	391	473	303	234	227
	EMERGENCIA (> 170 µg/m³)	52	102	34	128	32	19	48
	Total horas	1185	1494	1016	1216	752	806	664

Fuente: Elaboración propia a partir de la data disponible en el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) Evaluado a partir de los niveles indicados en el D.S. 12/11 del MMA (8).

6.1.4 ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y DE CALIDAD DEL AIRE

6.1.4.1 Series de tiempo anual

A continuación, se presentan los gráficos de series de tiempo de las variables meteorológicas velocidad del viento, temperatura, humedad relativa en términos de valores horarios, para el periodo comprendido entre los años 2015 a 2021, según la información obtenida en la estación Valdivia, de propiedad del Ministerio del Medio Ambiente. Además, se analiza la variable precipitación acumulada en términos de registros de agua caída acumulada en

valores horarios entre el mismo periodo. Para esta última variable se emplea la información obtenida de la Estación Austral de propiedad de la Universidad Austral y cuya información se encuentra en línea en la Red Agrometeorológica del INIA.

Para la variable velocidad del viento, se puede apreciar que para el año 2015 y 2017 se encuentran los mayores valores como máximos horarios llegando a registrarse valores sobre los 7 m/s. En general, los valores observados dan cuenta de que los vientos en el área de estudio presentan alta variación a lo largo de todas las estaciones, concentrándose las mayores velocidades entre invierno y primavera, tendiendo a bajar hacia la estación más cálida. Se observa en la gráfica una tendencia a la reducción de las velocidades del viento entre los años 2015 a 2021.

De la serie de tiempo de temperatura, se observa una marcada estacionalidad, apreciándose temperaturas bajo los 20° C como promedio horario, entre los meses de abril a septiembre de cada año. Se observa baja variación interanual para esta variable.

En relación a la humedad relativa es posible observar una marcada estacionalidad, presentándose los mayores valores durante los meses fríos del año. Para el periodo comprendido entre enero y octubre de 2015, hay ausencia de datos para esta variable, luego entre octubre de 2015 y marzo de 2018 la data presenta cierta intermitencia y valores atípicos para las tendencias de esta variable, sin embargo, la observación de la tendencia entre 2018 y 2021 permite comprobar un comportamiento típico de zonas del sur del país, con mayores humedades relativas hacia los meses fríos del año.

Para el caso del registro de precipitaciones horarias se observa que es posible encontrar precipitaciones durante todo el año, registrándose la mayoría de los registros bajo los 5 mm de agua caída horaria. Para el año 2019 se registra un evento con 26,3 mm de agua caída en una hora, como el evento máximo en el periodo evaluado.

Para el caso del material particulado, se observa la marcada estacionalidad de las concentraciones, representadas como promedio horario, tanto para MP10 como para MP2,5, encontrándose directamente relacionado a la variabilidad de la meteorología presente en la zona de estudio. De esta manera, se aprecia claramente que las mayores concentraciones se dan en los meses fríos del año, asociado a la baja en las temperaturas que propician una mayor demanda de calefacción en los hogares, que en su mayoría utilizan leña para calefacción, generando las consecuencias en la calidad del aire que tienen a la comuna en estado de saturación por material particulado.

En general, en análisis de las variables meteorológicas que caracterizan el área de estudio indica una marcada estacionalidad, apreciándose diferencias a través de los meses, lo que es característico de zonas ubicadas en el sur del país.

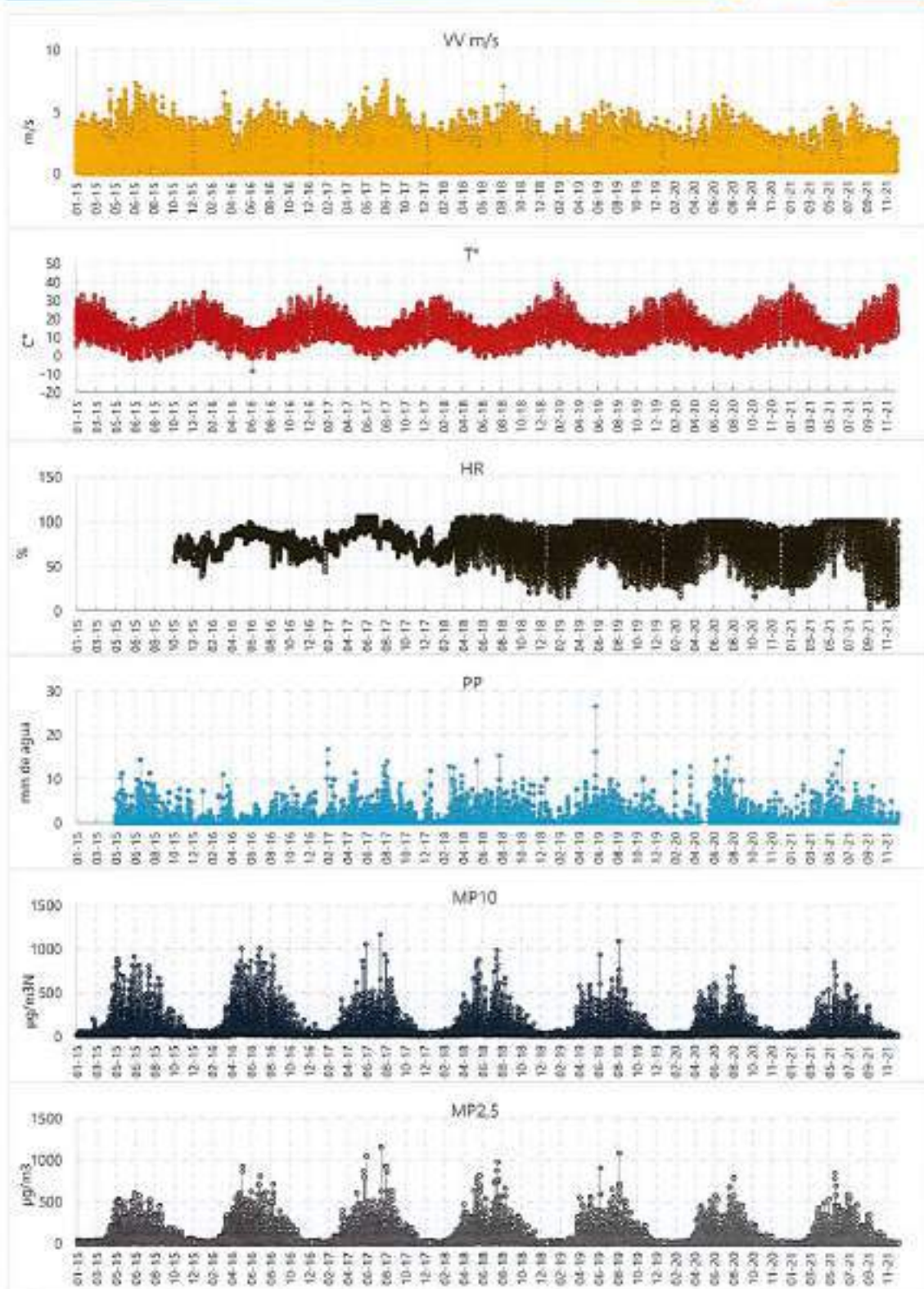


Figura 13. Series de tiempo horaria de variables meteorológicas y material particulado (2015-2021)

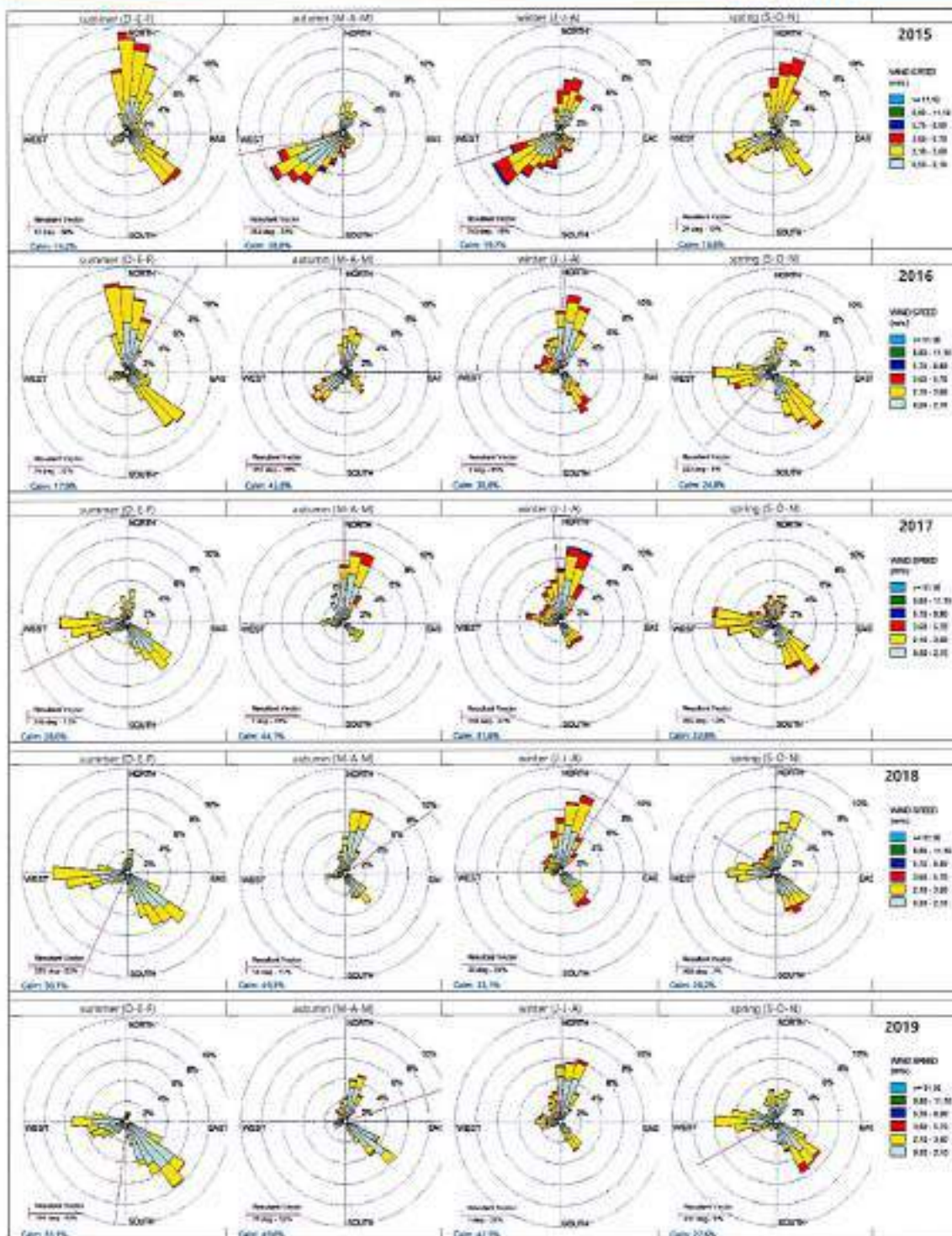
Fuente: Elaboración propia a partir de la data de estación meteorológica Valdivia, de SINCA

6.1.4.1 Rosas de Los Vientos Estacionales

Para el análisis de rosas de los vientos, se realizó un procesamiento de los datos registrados por los sensores meteorológicos instalados en la estación Valdivia del Ministerio del Medio Ambiente, habiendo un total de 61.368 entradas para velocidad y dirección del viento, segregadas a nivel horario, para el periodo comprendido entre los años 2015 y 2021. La Figura 14 muestra las rosas de los vientos estacionales para los años analizados. En general, las velocidades observadas en su mayoría se encuentran en el rango 5,7-3,6 m/s hacia abajo, apreciándose las mayores velocidades durante la estación de invierno. Respecto a las calmas (velocidades de viento menores a 0,5 m/s como valor horario) se observa que durante la estación de otoño e invierno se presentan con mayor frecuencia, lo que favorece las condiciones de mala ventilación y propicia la ocurrencia de episodios de contaminación.

Desde el año 2017 a 2021, es posible observar la misma tendencia en las direcciones de los vientos predominantes para las diversas estaciones del año, por una parte, se muestra que en los meses cálidos, el viento tiende a soplar desde el suroeste, es decir de mar a cordillera, la tendencia se presenta de manera más evidente, en los meses de verano, con una predominancia marcada para la componente suroeste, con una mayor frecuencia de magnitudes del viento en los rangos de 3,6 a 0,5 m/s y menor presencia de calmas. Por otra parte, la estación de otoño se presenta una predominancia de la componente noreste para la mayoría de los años. En esta estación de manera general, se observan magnitudes del viento, con predominancia en el rango de 2,1 a 0,5 m/s. Las calmas en este periodo bordean se encuentran en alto porcentaje con sobre 40% la mayoría de los años. El periodo de invierno al igual que la estación de otoño, presenta predominancia de la componente noreste. Queda de manifiesto que este periodo es el que presenta la mayor distribución de velocidades del viento, encontrándose valores hasta el rango de 8,8 – 5,7 m/s, este periodo contrasta con la estación de verano, ya que se puede observar que la componente del viento tiene una marcada tendencia noreste (cordillera-mar) con una mayor inclinación hacia el norte para 2019 a 2021. En conclusión, existen dos estaciones del año que marcan la tendencia en cuanto a dirección del viento, por una parte, el verano da cuenta de una componente suroeste para el vector, es decir el viento sopla desde el mar hacia la cordillera, y en contraposición en invierno, el viento sopla de cordillera a mar, con una componente noreste para el vector. El periodo de primavera es dependiente de las condiciones del año específico, no existiendo una condición particular para todo el intervalo analizado.





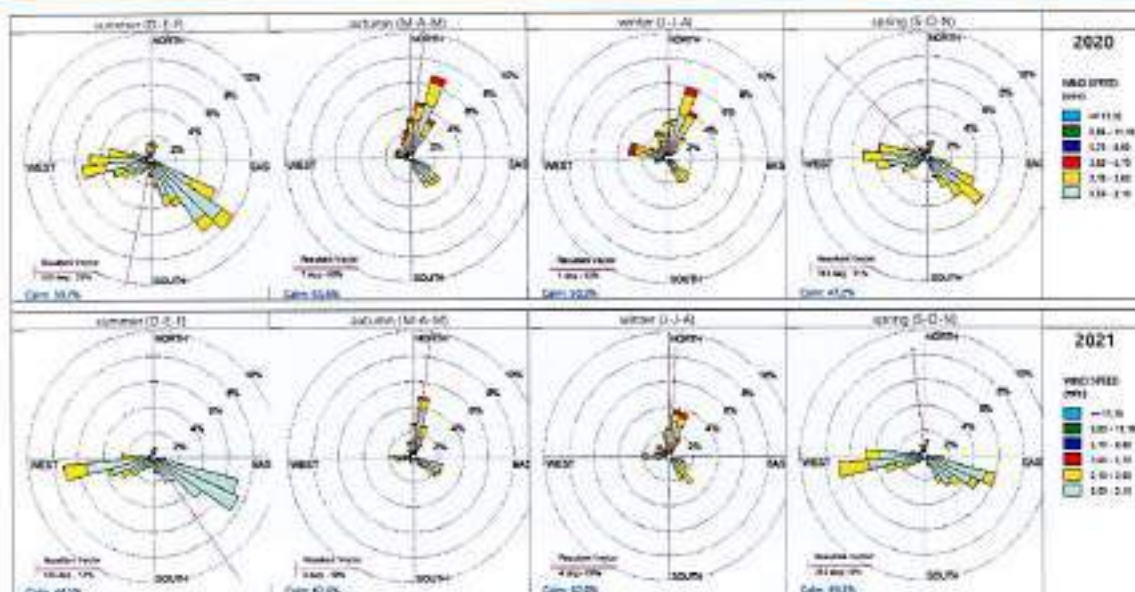


Figura 14. Rosas de los vientos estacionales. Estación Valdivia Años 2015-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de la data de estación meteorológica Valdivia, de SINCA

6.1.4.2 Perfiles Temporales de Variable Meteorológicas Seleccionadas.

A continuación, se presenta un análisis temporal para las variables: temperatura, dirección y velocidad del viento, en el periodo comprendido entre los años 2016 y 2021 según registro de la Estación Valdivia del Ministerio del Medio Ambiente.

La Figura 15, muestra el comportamiento mensual y horario para la temperatura, se observan estacionalidades marcadas a lo largo de todos los meses del año, con temperaturas crecientes hacia los meses de diciembre-febrero, con temperaturas promedio sostenidas sobre los 20°C en periodo diurno, con temperaturas nocturnas superiores a los 10°C. Respecto a la tendencia diurna, a medida que se avanza de febrero a julio la amplitud de las horas del día con temperaturas sobre los 20°C tiende a disminuir paulatinamente, hasta observar baja oscilación térmica, existiendo diferencias más marcadas únicamente entre las 12 y las 17 horas para junio y julio en la mayoría de los años en estudio, siendo además los meses con temperatura más baja. En general en horas de la noche es posible encontrar sobre todo entre mayo y agosto temperaturas promedio en el rango de los 5°C.

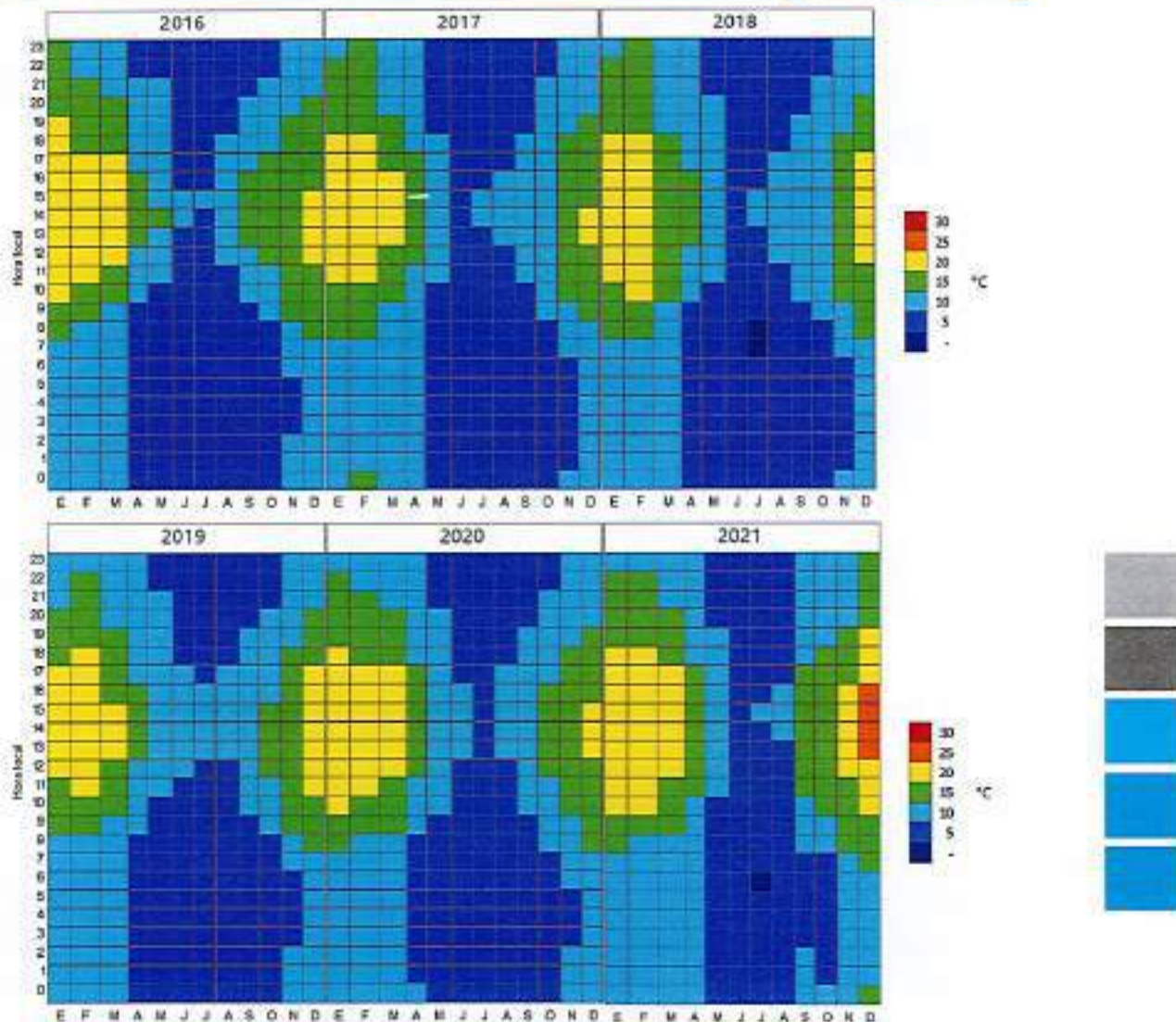


Figura 15. Perfil temporal temperatura, Estación Valdivia Años 2016-2021

La Figura 16, muestra el comportamiento mensual y horario de la dirección del viento para todo el periodo analizado. De manera general, se observa una alta variación interanual entre los meses del año y las horas del día, teniendo comportamientos particulares según el año de análisis. Se puede apreciar que para los años 2016 a 2018 durante el periodo diurno y sobre todo en los meses más cálidos predominan las direcciones sobre los 150 a 200° que corresponde al suroeste. Luego para los periodos nocturnos de esos años, se observa una tendencia sureste.

Para los años 2019 a 2021 el análisis mensual y horario no presenta tendencias tan marcadas para el análisis, existiendo a partir del 2020 una predominancia de los vientos con componente noroste lo que contrasta con los años anteriores. El año 2021 por otra parte tiene predominio de la componente norte.

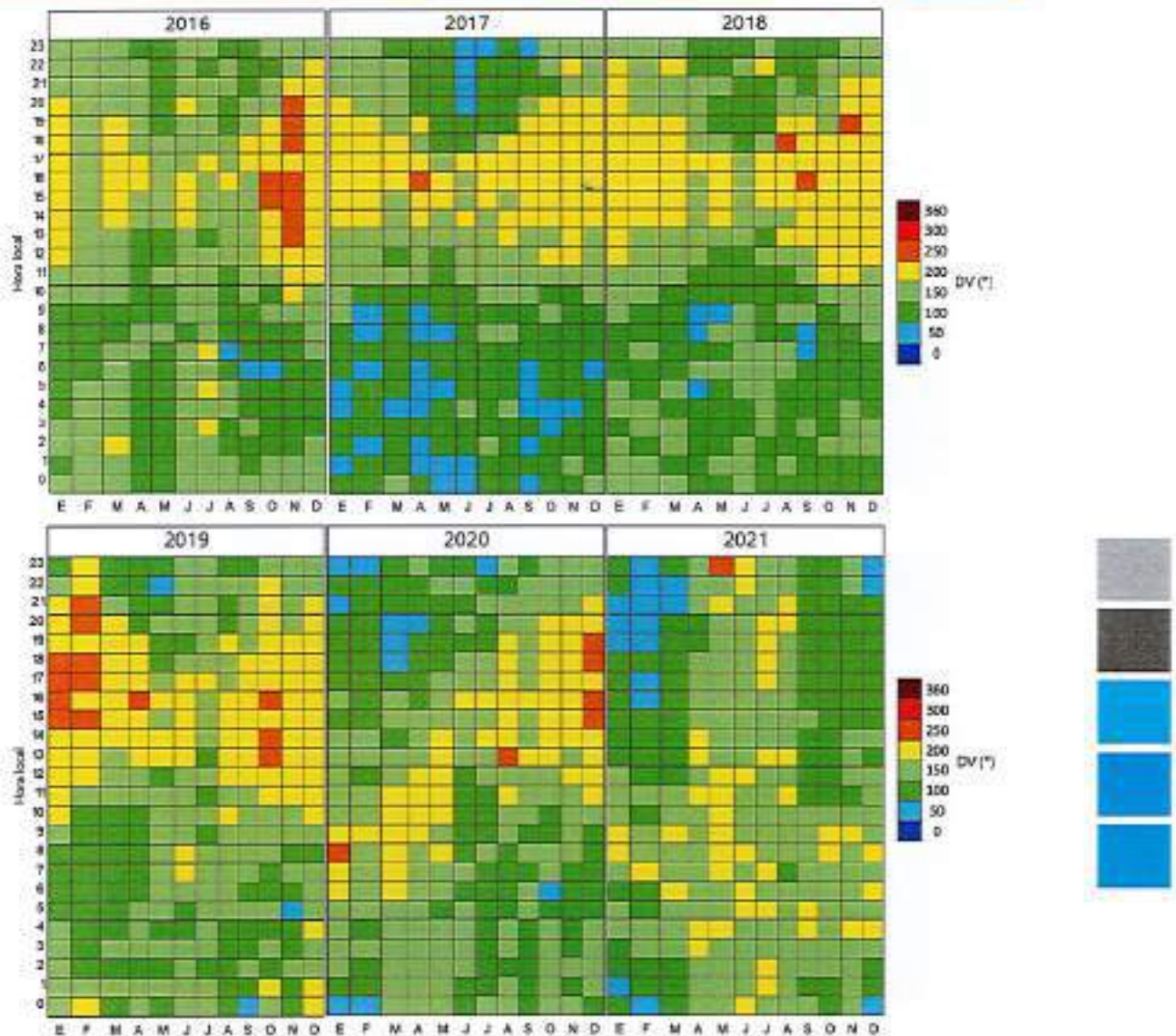


Figura 16. Perfil temporal dirección del viento. Estación Valdivia Años 2016-2021

La Figura 17, muestra el comportamiento mensual y horario para la velocidad del viento, observándose comportamiento similar para los años 2016 a 2018, en donde se aprecia en horario diurno es donde ocurren las mayores velocidades sobre todo entre los meses de octubre a marzo. existiendo una variación entre las 20 h y las 8 h con velocidades del viento en el rango de los 1 a 2 m/s, en contraste entre las 9 h y las 19 h, las velocidades del viento tienden a aumentar, observándose una predominancia entre las magnitudes de 2 a 5 m/s. En los meses fríos (mayo-agosto) prácticamente no se puede diferenciar entre el periodo diurno y nocturno, existiendo a partir de agosto una leve tendencia distinta entre día y noche. En general los vientos tienden a estar bajo los 3 m/s para todo este periodo.

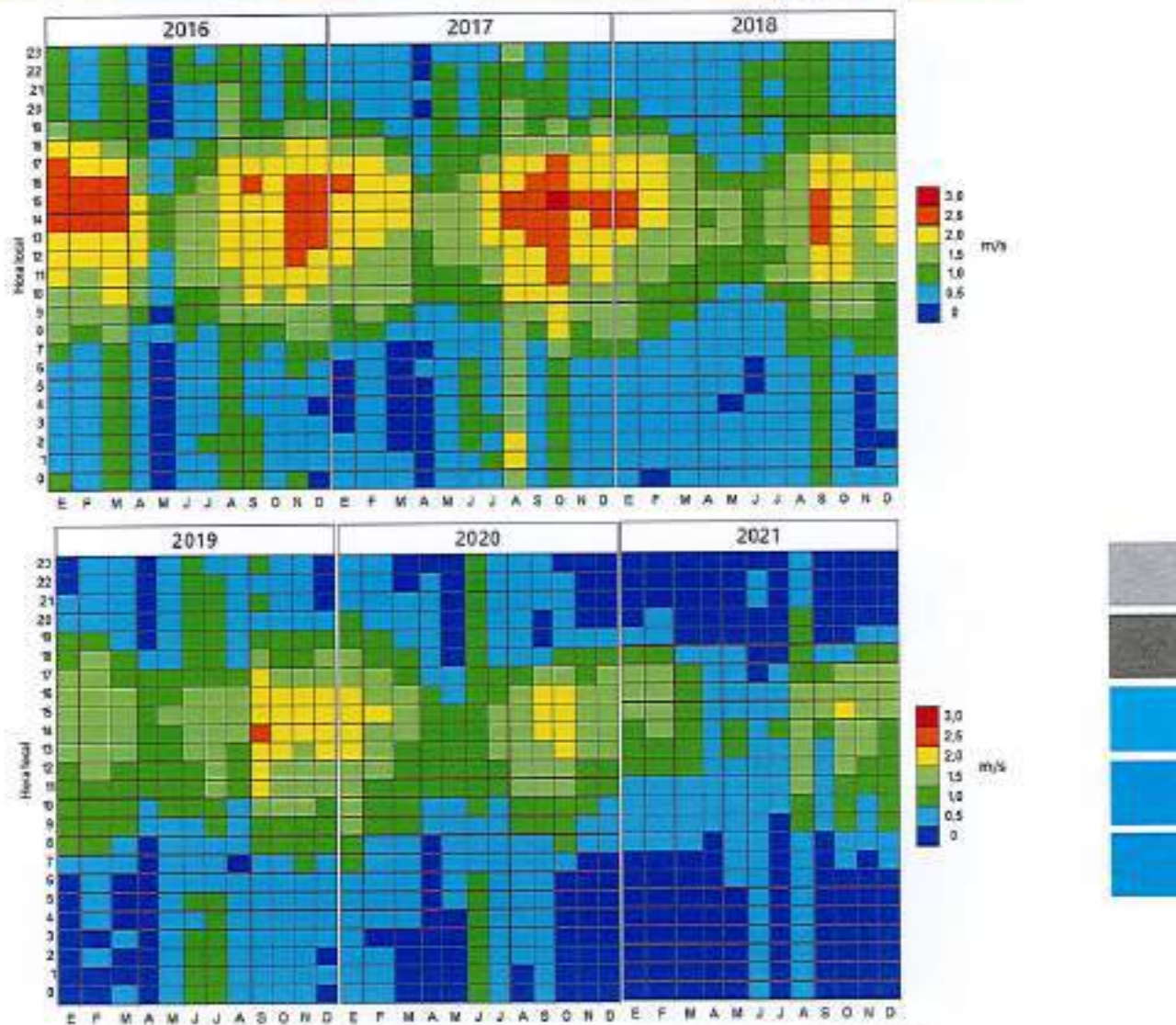
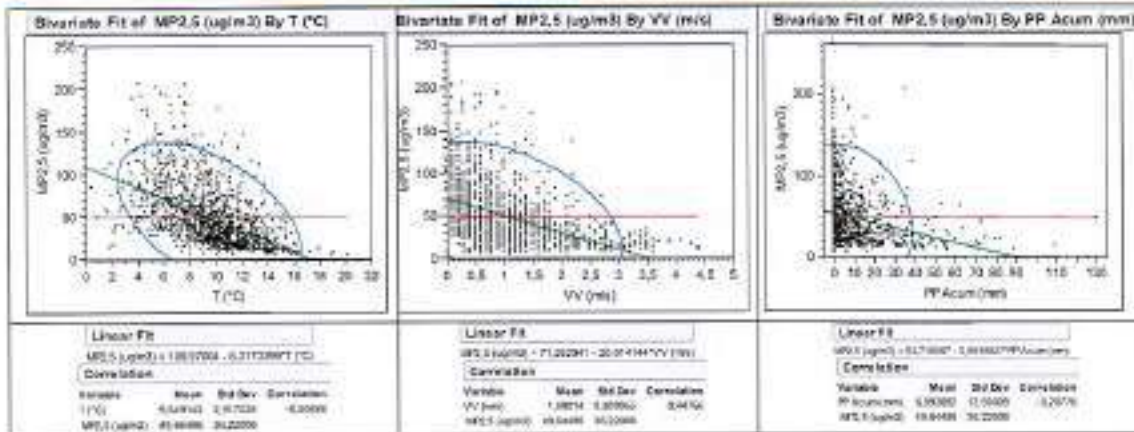


Figura 17. Perfil temporal velocidad del viento. Estación Valdivia Años 2016-2021

6.1.4.3 Correlación entre variables meteorológicas y material particulado

Las gráficas presentadas en la Figura 18 permiten observar si existe correlación entre las variables meteorológicas observadas en la Estación Valdivia y el material particulado, en este caso, el MP2,5 como referencia para el análisis. Se seleccionó la data registrada por la estación, en el periodo comprendido entre los años 2016 y 2021, para las variables temperatura, velocidad del viento, precipitación acumulada y MP2,5, considerando los valores promedio 24 horas para la evaluación.

La



presenta la correlación entre las variables considerando el conjunto de datos entre los años 2016 y 2021. El eje vertical corresponde a la concentración promedio de 24 horas para MP2,5 y el eje horizontal corresponde a las variables meteorológicas en estudio.

Para el caso de la temperatura, las concentraciones de MP2,5 sobre la media ($49 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encuentran asociadas a temperaturas promedio diario bajo los 18°C . Se observa que, concentraciones sobre los $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que podrían generar episodios de emergencia, se obtienen durante los días con temperaturas promedio bajo los 10°C .

Se aprecia una correlación negativa moderada, con un coeficiente de $-0,5$ entre temperatura y material particulado MP2,5, dando cuenta que, a medida que se reduce la temperatura promedio diaria o la temperatura mínima diaria, aumentarán las concentraciones de MP2,5 como promedio de 24 horas. Esto se encuentra representado por la inclinación de la recta de regresión que indica que por cada grado que disminuye la temperatura como promedio diario, la concentración de MP2,5 aumentará en $6,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En relación a la variable velocidad del viento, se considera que a velocidades sobre los $2,8 \text{ m/s}$ como promedio diario, las concentraciones de MP2,5 se encuentran bajo la media anual. Bajo este valor, las concentraciones suben respecto a la media. De manera opuesta, a velocidades bajo 1 m/s se registran las mayores concentraciones. La recta de regresión indica que la concentración de MP2,5 aumentará en $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada 1 m/s que se reduzca la velocidad promedio, con un coeficiente de correlación de $-0,45$.

Respecto a la precipitación acumulada, se observa que, a precipitaciones altas, la concentración de MP2,5 se encuentra en los niveles más bajos. Sin embargo, también se registran concentraciones altas, aun cuando el nivel de precipitación se alto, como por ejemplo los casos que registran concentraciones sobre la media, a niveles de precipitación de $40, 55, \text{ o } 65 \text{ mm}$ de agua caída, pero son menos usuales. En efecto, esta variable presenta una correlación menor, respecto a las demás variables, alcanzando un coeficiente de $-0,2$. En este caso, la gráfica muestra con claridad que los días en que se registran nulas o bajas precipitaciones ocurren las mayores concentraciones de MP2,5.

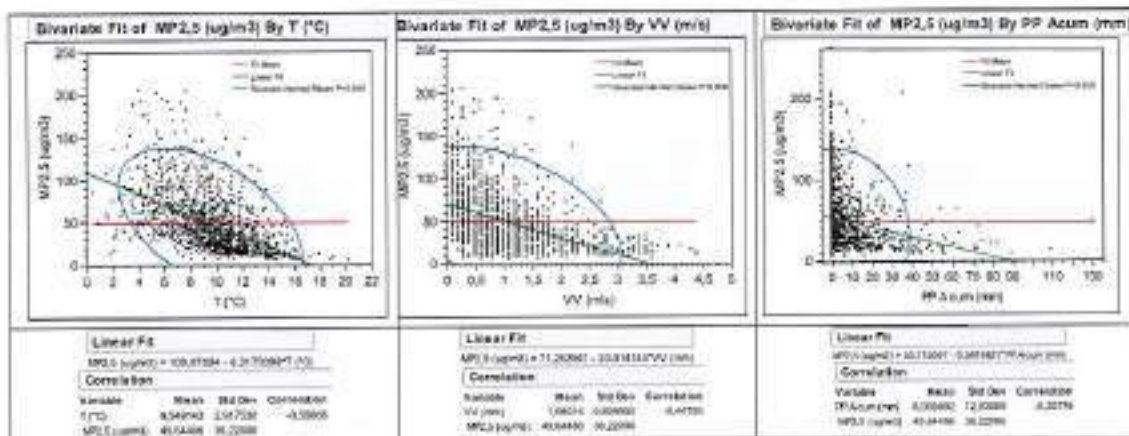


Figura 18. Correlación variables meteorológicas y material particulado

Fuente: Elaboración propia

La Figura 19, entrega el perfil anual, de los promedios diarios de las variables más significativas en la calidad del aire. Desde el gráfico superior al inferior se presenta perfil anualizado entre los meses de abril y octubre de cada año (meses fríos), para las variables MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), temperatura promedio diaria ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima diaria ($^{\circ}\text{C}$) velocidad del viento (m/s) y precipitaciones (mm). En términos generales, se puede observar que la tendencia para las concentraciones de MP2,5 en los últimos años, para los meses fríos, ha ido en descenso entre el año 2018 y 2021, lo mismo se ha identificado respecto al promedio anual presentado en el punto 6.1.3.2 del presente informe. Al observar las variables meteorológicas principales, y su evolución en el mismo periodo de evaluación, se puede observar una leve tendencia a que las condiciones se han presentado menos favorables para la calidad del aire y aun así, se observa una disminución de las concentraciones de MP2,5. Se observa que el promedio de precipitaciones diarias se ha reducido entre los años 2017 y 2021, alcanzando este último año, además, la menor precipitación acumulada. Así mismo, la velocidad del viento promedio presenta una reducción entre los años 2017 y 2021, a velocidades de viento menor, las condiciones de ventilación disminuyen y por lo tanto se deberían presentar mayores concentraciones de MP2,5. Por último, la temperatura promedio diaria se ve levemente aumentada en los últimos años, sin embargo, al observar las gráficas anualizadas, se observan, que para el año 2021, entre los meses de junio y agosto los promedios de temperatura son más bajos que los años anteriores, así como también las temperaturas mínimas en este periodo se observan más bajas que en años anteriores, lo que también debería propiciar peores índices de calidad del aire, sin embargo, el análisis da cuenta de una mejora en los niveles de contaminación, lo que evidencia que los menores índices de calidad del aire no obedecerían a las condiciones meteorológicas necesariamente, pudiendo atribuirse a efectos de la implementación de medidas del PDA Valdivia.

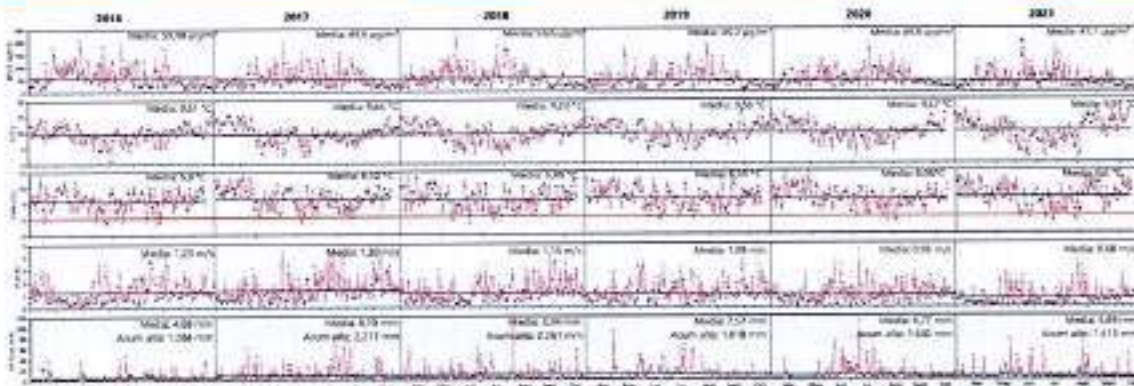


Figura 19. Correlación variables meteorológicas y material particulado
Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Análisis de emisiones respecto a las concentraciones de material particulado

La calidad del aire, en términos de concentración de material particulado, en la zona de estudio, se encuentra afectada por las condiciones climáticas imperantes tal como se presentó en el punto anterior, en relación a la dispersión de los contaminantes, el arrastre o deposición de éstos, pero también se relaciona con la necesidad de calefaccionar las viviendas, las que en su mayoría prefieren leña como combustible- En este sentido, las variables asociadas al correcto uso de los sistemas de calefacción influirán en las emisiones residenciales y las consecuentes concentraciones.

Si bien, más adelante en el presente informe se abordará el análisis del inventario de emisiones en su conjunto, en el presente apartado se puede analizar lo que dice relación a la combustión residencial de leña (CLR), como principal fuente de emisión, según los dos últimos inventarios de emisiones atmosféricas de la comuna de Valdivia, para los años base 2013 y 2021, respectó a las variables más influyentes en las emisiones.

La Tabla 83, presenta una comparación de variables entre los inventarios de emisiones para el año 2013 y 2021 en la comuna de Valdivia. Se puede observar que las emisiones residenciales presentan una baja importante, de 742 ton entre ambos años. Esta reducción de emisiones impacta directamente en la disminución de las concentraciones vista en el punto anterior. A su vez, la Tabla 83 presenta que el parque de viviendas presentó una expansión cercana a las 3.500 viviendas respecto al último inventario, sin embargo, este crecimiento no generó un incremento en las emisiones. Esto se explica con las demás variables presentadas, observándose que para el inventario 2021 se determinó un menor número de artefactos a leña, reemplazados por una nueva tecnología asociada a calefactores a pellet. Por otra parte, se redujo el consumo total de leña en la comuna, producto de la

menor cantidad de artefactos a leña, pero también a la disminución del consumo de leña promedio en cada vivienda.

Del análisis se concluye que, las variables asociadas la evolución de los sistemas de calefacción domiciliar y las conductas asociadas de la población, han impactado en la baja en las concentraciones del material particulado MP2,5 observado en los últimos años.

Tabla 83. Variables que inciden en emisiones – comparación 2013/2021

Variable	Inventario 2013 [6]	Inventario 2021 [2]	Variación +/-
Emisiones CLR (ton/año)	3.145	2.403	↓
Parque viviendas	52.468	56.062	↑
Parque artefactos a leña	44.125	43.111	↓
Parque artefactos a pellet	0	10.600	↑
Penetración de leña (%)	91,9%	73,8%	↓
Consumo leña promedio (m ³ st/año)	10,1	8,8	↓
Consumo de leña total (m ³ st/año)	378.442	363.185	↓

Fuente: elaboración propia a partir del inventario de emisiones de Valdivia año base 2013 [6] y 2021 [2]

6.2 ACTIVIDAD 2). ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO

6.2.1 CUMPLIMIENTO NORMATIVO PERIODO 2015-2021

6.2.1.1 Evaluación Norma Diaria

Material Particulado Respirable MP10

Según la información sistematizada de los datos del monitoreo de calidad del aire provenientes de las estaciones de monitoreo, es posible evaluar el cumplimiento de la norma diaria MP10 según los niveles establecidos. El gráfico del P98 de los valores de concentración de 24 horas para cada año en evaluación se presenta a continuación en la Figura 20.

Según se observa en la Figura 20, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas en la Estación Valdivia presenta una clara tendencia a disminución. En el periodo 2018-2020 se observa una reducción de este indicador, observándose un leve aumento en el año 2021. Es importante destacar que, para la mayor parte de los años, el indicador de norma diaria representado por el P98 se encuentra bajo el límite normativo de 150 µg/m³N de MP10, incluso encontrándose bajo el nivel de latencia para los años 2020 y 2021 con porcentaje de la norma bajo el 70%, equivalente a 120 µg/m³N.



Figura 20. P98 de concentraciones de MP10 de 24 horas
 Fuente: Elaboración propia a partir de Estación Valdivia, SINCA.

La norma diaria también se considera sobrepasada si antes que concluya el primer período anual de mediciones se registra un número de días con mediciones sobre el valor de 150 mg/m³N mayor que siete (7), en una estación EMRP. De acuerdo a los resultados, la estación Valdivia, presenta 5, 3 y 4 días con concentraciones sobre la norma, para los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente, por lo tanto, para esta indicación la comuna no se encuentra sobrepasando la norma.



Figura 21. Días sobre norma MP10
 Fuente: Elaboración propia a partir de Estación Valdivia, SINCA.

Para el contaminante MP10, el análisis de la norma diaria, en términos del P98 de las concentraciones de 24 horas y número de días de superación de norma, concluye que la comuna de Valdivia se encuentra cumpliendo los niveles normativos, establecidos en el D.S.

N° 59/98 MINSEGPRES [9]. Además, sitúa a la comuna fuera de la zona de saturación y de latencia para este contaminante, como norma diaria.

Material Particulado Respirable MP2,5

Según la información sistematizada de los datos del monitoreo de calidad del aire provenientes de la estación de monitoreo, es posible evaluar el cumplimiento de la norma diaria MP2,5 según los niveles establecidos. El gráfico del P98 de los valores de concentración de 24 horas para cada año en evaluación se presenta a continuación en la Figura 22.

Según se observa en la Figura 22, el Percentil 98 de las concentraciones diarias registradas en la Estación Valdivia durante los años 2015 y 2018 presenta aumentos y reducciones alternadas, luego a partir del año 2018 presenta una reducción hasta el año 2020, donde se presenta el valor más bajo de todo el periodo evaluado. Para el año 2021 se aprecia un leve aumento. Aun cuando en los últimos años se ha evidenciado una tendencia a la disminución de la norma diaria, la zona se encuentra con alto nivel de incumplimiento de la norma, encontrándose en porcentajes sobre 220% para los años 2020 y 2021, manteniendo la situación de saturación de la zona por este contaminante, respecto a la norma diaria. Para el contaminante MP2,5, el análisis de la norma diaria, en términos del P98 de las concentraciones de 24 horas, concluye que la comuna de Valdivia se encuentra sobre los límites normativos, establecidos en el D.S. N° 12/11 MMA [8]. Además, se mantiene la condición de saturación de la comuna, como norma diaria.



Figura 22. P98 de concentraciones de MP2,5 de 24 horas

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2 Evaluación Norma Anual

Material Particulado Respirable MP10

La Figura 23 presenta el promedio anual de MP10 para los años 2015 a 2021. Se observa una clara disminución de los promedios anuales, encontrándose valores bajo los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para los años 2017 a 2021, en la Estación Valdivia. El último año en evaluación, año 2021, presenta el promedio más bajo con $34 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.



Figura 23. Promedio anual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cumplimiento de norma anual se observa que para los últimos 3 periodos evaluados los registros de promedio trianual en la estación Valdivia se encuentran bajo el límite normativo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Para el contaminante MP10 el análisis de la norma anual, en términos del promedio aritmético de tres años calendario consecutivos, concluye que la comuna de Valdivia se encuentra bajo los límites normativos, establecidos en el D.S. N° 59/98 MINSEGPRES [7]. Además, sitúa a la comuna fuera de la zona de saturación y latencia para este contaminante, como norma anual.

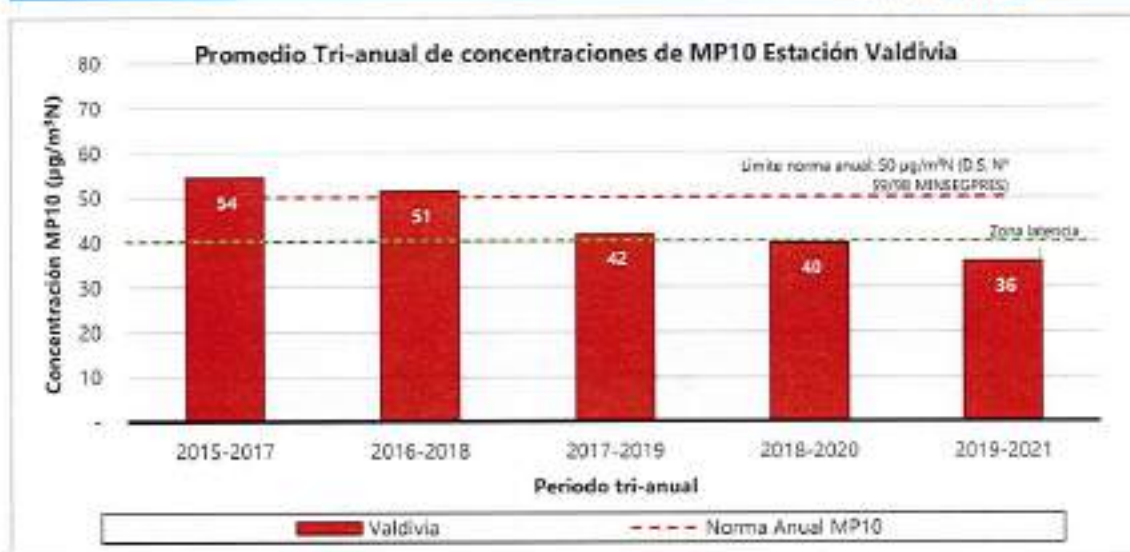


Figura 24. Promedio trianual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

Material Particulado Respirable MP2,5

La Figura 25 presenta los promedios anuales de MP2,5 para el periodo 2015 a 2021. Los resultados presentan una tendencia clara a la reducción de las concentraciones anuales en el periodo evaluado. La estación Valdivia presenta un valor de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2021, siendo el año con la concentración más baja en el periodo evaluado.

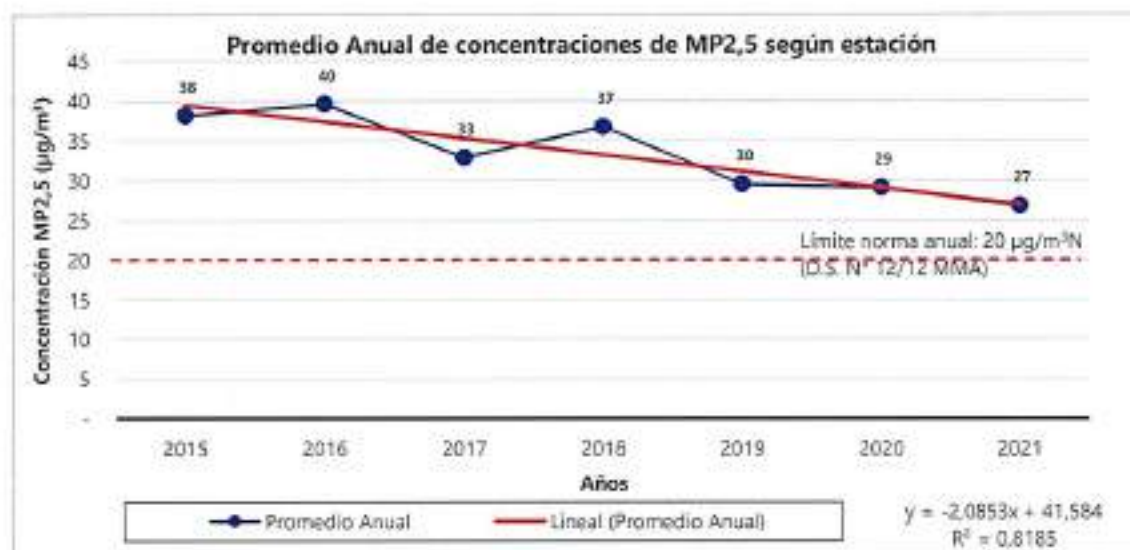


Figura 25. Promedio anual de concentraciones de MP2,5

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cumplimiento de norma anual, en la Figura 26 se observa una disminución sostenida del promedio trianual para los periodos evaluados según la información de la Estación Valdivia. El menor valor para este indicador se obtiene en el periodo trianual 2019-2021 con $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose en un 142% de la norma.

Para el contaminante MP2,5, el análisis de la norma anual, en términos de promedio aritmético de tres años calendario consecutivos, concluye que la comuna de Valdivia se encuentra sobre los límites normativos, establecidos en el D.S. N° 12/11 MMA [8]. Además, se mantiene la condición de saturación de la comuna, como norma anual.

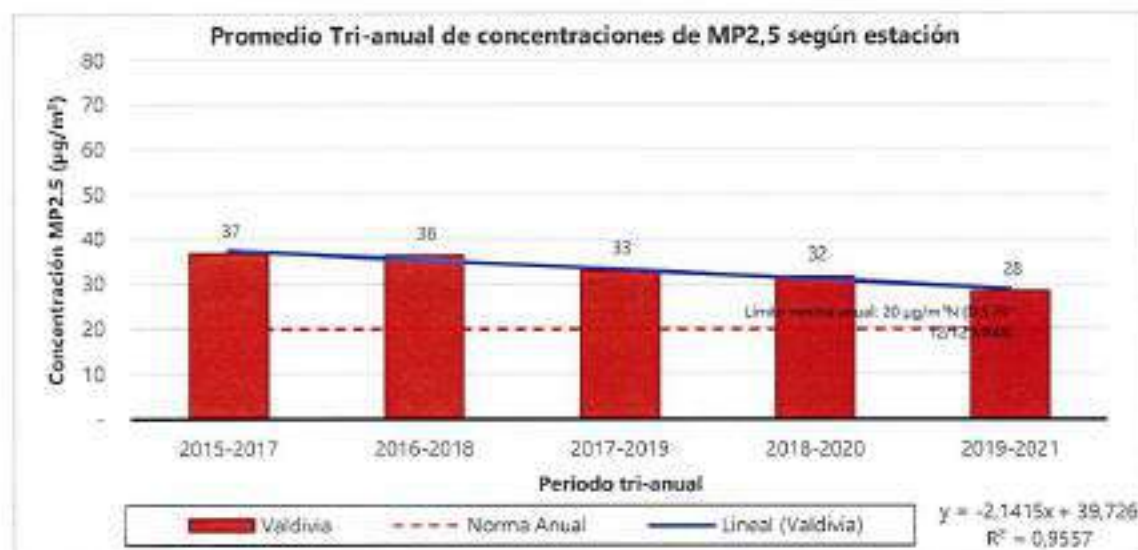


Figura 26. Promedio trianual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3 Episodios de Contaminación

Material Particulado Respirable MP10

La Figura 27 presenta el número de episodios de contaminación para MP10, entre los años 2015 y 2021, sin registrarse niveles de emergencia desde el año 2017. Se encuentra una tendencia hacia la baja en el periodo entre 2018 y 2021, registrándose la ocurrencia de episodios de manera esporádica.



Figura 27. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2015-2021

Fuente: Elaboración propia

La Figura 28 presenta el número de horas en episodio. La gráfica permite observar que a partir del año 2017 no se evidencian horas en condición de episodio de tipo Emergencia esto es, en concentraciones sobre $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el año 2020 no se registran horas en episodio, para este contaminante.



Figura 28. N° de Horas en Episodio por MP10 periodo 2015-2021

Fuente: Elaboración propia

Material Particulado Respirable MP2,5

La Figura 29 presenta la ocurrencia de episodios de contaminación en condición de alerta, preemergencia y emergencia. Se observan una tendencia hacia la reducción de episodios a partir del año 2018, con una leve alza durante el año 2020. El año con menor ocurrencia de episodios corresponde a 2021 con 46 episodios, siendo el año 2016 la peor condición registrándose 98 episodios, donde 12 de los cuales corresponden a emergencias.



Figura 29. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2015-2021

Fuente: Elaboración propia

La Figura 30 presenta el número de horas en condición de episodio para MP2,5. Para el año 2018 se observa la peor condición, registrándose 128 horas en esta categoría de emergencia, luego a partir de ese año se observa una reducción drástica de los niveles de este indicador. El peor año (2016) se registró que 17% de las horas del año estuvo en condición de episodio, mientras que, para el último año, solo 7,6% se encuentra en esta condición.



Figura 30. N° de Horas en Episodio por MP2,5 periodo 2015-2021

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 ANÁLISIS INDICADORES DEL PDA

El PDA, además de considerar como meta el cumplimiento de la norma para MP10 y MP2,5, establece una serie de indicadores que buscan demostrar que las medidas implementadas tienen un efecto positivo en la calidad del aire de la comuna de Valdivia. A continuación, se describe cada uno de los 5 indicadores y se presenta su nivel de evolución a partir del año 2015.

Indicador 1) Disminución del número de días al año que se supera la norma diaria (24 horas) de MP10 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y MP2,5 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabla 84. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5

Indicador	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N° días con superación norma diaria MP2,5	104	107	80	98	72	73	63
N° días con superación norma diaria MP10	17	40	3	13	5	3	4

Fuente: Elaboración propia

Para ambos contaminantes la tendencia de este indicador es hacia la disminución en el periodo evaluado, alcanzándose valores mínimos para año 2021 en el caso del MP2,5 y el año 2020 para el caso del MP10.

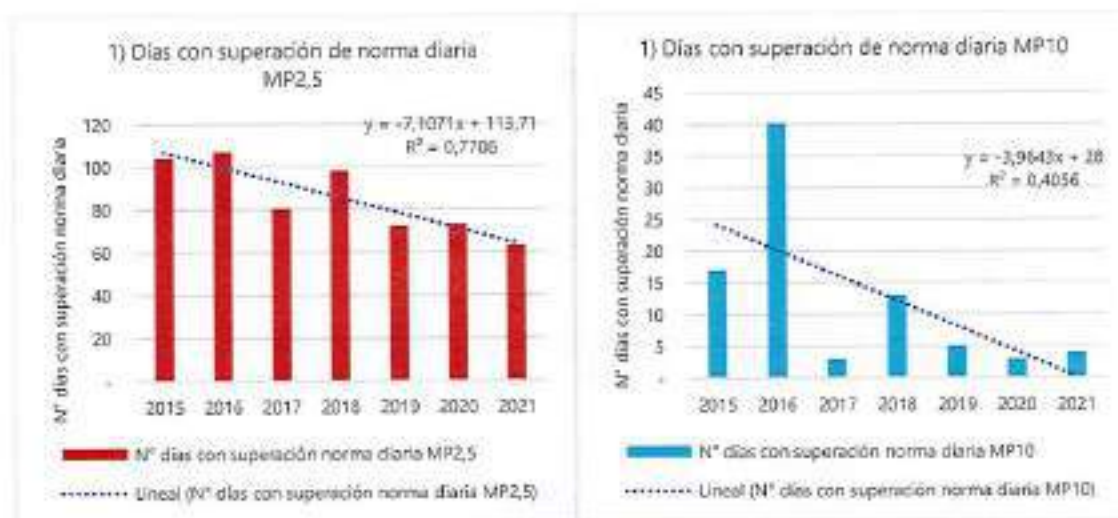


Figura 31. Días con superación de norma diaria MP2,5 y MP10

Fuente: Elaboración propia

Indicador 2) Disminución del percentil 98 de los promedios diarios de MP10 y MP2,5.

Tabla 85. Resultados Indicador 2. Percentil 98 de los promedios diarios

Indicador	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
P98 promedios diarios MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	130	146	129	150	133	112	114
P98 promedios diarios MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	141	170	129	142	127	90	105

Fuente: Elaboración propia

El segundo indicador plantea la disminución del percentil 98 de los promedios diarios de MP10 y MP2,5 lo cual se puede confirmar al observar los resultados del análisis de calidad del aire. Queda en evidencia la tendencia hacia la reducción en el periodo evaluado para ambos contaminantes, encontrándose el MP10 incluso en cumplimiento de norma.

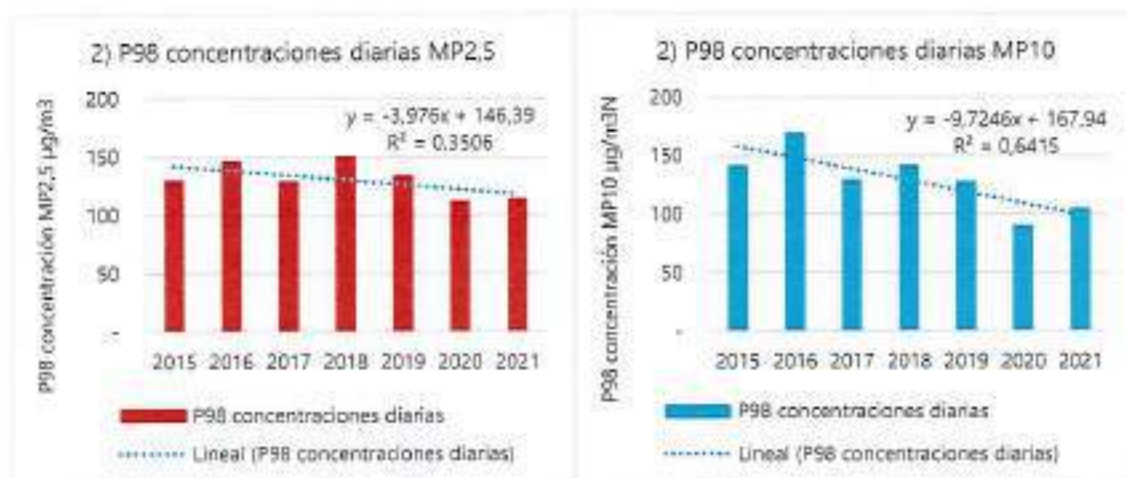


Figura 32. Percentil 98 de los promedios diarios MP2,5 y MP10

Fuente: Elaboración propia

Indicador 3) Disminución de las concentraciones promedio anual y trianual de MP10 y MP2,5.

Tabla 86. Resultados Indicador 3. Promedio anual y trianual MP10 y MP2,5

Contaminante	Indicador	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MP2,5	Promedio Anual (µg/m³)	38	40	33	37	30	29	27
	Promedio Trianual (µg/m³)	-	-	37	36	33	32	28
MP10	Promedio Anual (µg/m³N)	55	66	42	46	37	36	34
	Promedio Trianual (µg/m³N)	-	-	54	51	42	40	36

Fuente: Elaboración propia

Este indicador considera la reducción, en el periodo de ejecución del PDA, de los promedios anuales y trianuales para el MP10 y MP2,5. Se observa una tendencia a la reducción para ambos contaminantes en ambos indicadores, encontrándose valores mínimos al año 2021. Se observa para el contaminante MP10 que desde el año 2017 en adelante, se encuentra, además, cumpliendo la norma anual según el D.S. N° 59/98 MINSEGPRES.

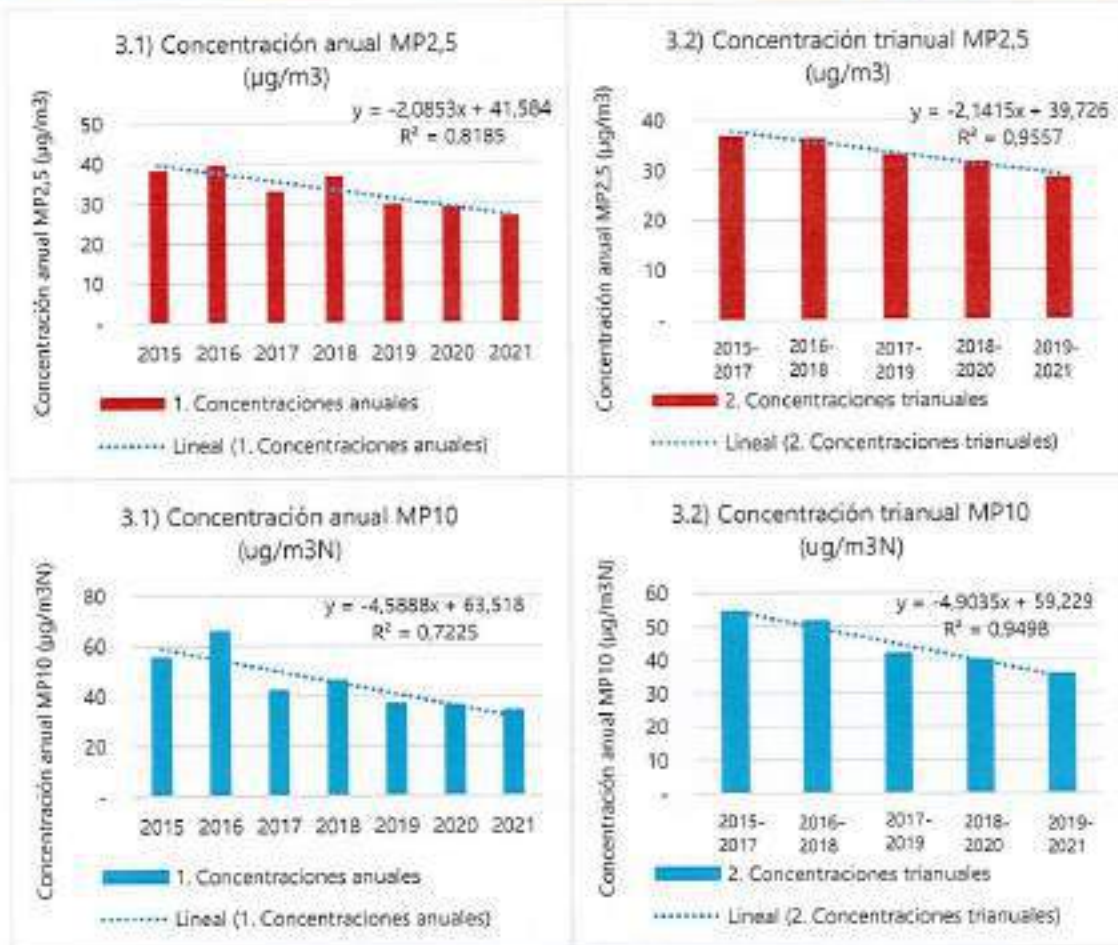


Figura 33. Promedio anual y trienal MP10 y MP2,5

Fuente: Elaboración propia

Indicador 4) Disminución de la duración de los episodios críticos, lo que se puede medir de acuerdo a la disminución del número de horas continuas con promedios móviles de 24 horas. Para el caso del MP2,5 corresponde al número de horas promedio móvil 24 horas sobre $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el caso del MP10 corresponde al número de horas promedio móvil 24 horas sobre $195 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

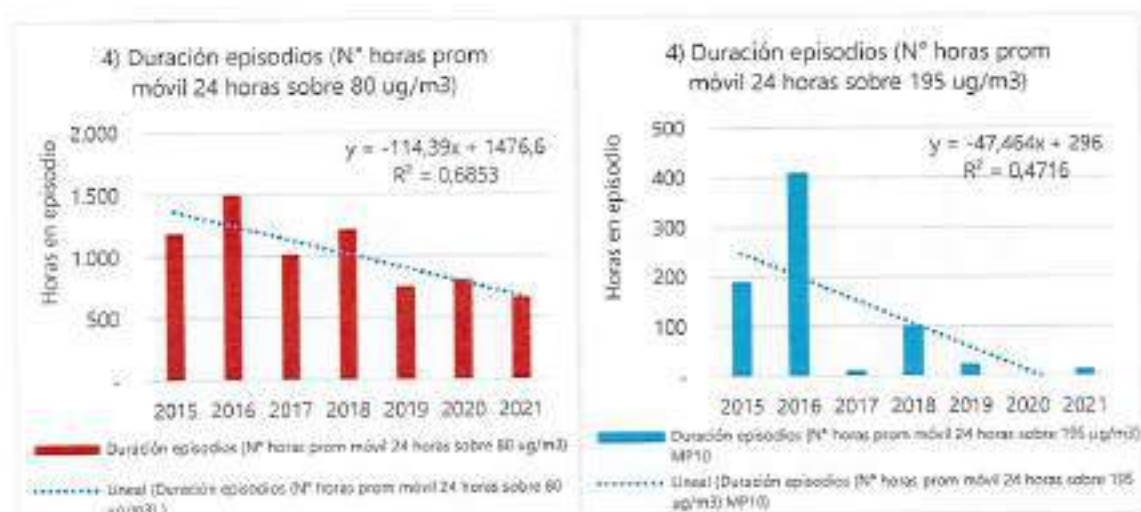
Tabla 87. Resultados Indicador 4. Disminución de la duración de los episodios MP10 y MP2,5

Indicador	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Duración episodios MP2,5	1.185	1.494	1.016	1.216	752	806	664
Duración episodios MP10	188	408	11	100	23	-	13

Fuente: Elaboración propia

Para este indicador se observa una tendencia hacia la disminución para el caso del MP2,5 entrándose para el año 2021 el menor valor para este indicador correspondiente a 664 horas

con concentraciones sobre $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio móvil. Para el caso del MP10, a partir del año 2018 se observan escasas horas en esta condición.



Fuente: Elaboración propia

Indicador 5) Disminución del número de episodios en categoría Emergencia y Preemergencia

Tabla 88. Resultados Indicador 5. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5

Indicador		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MP2,5	Preemergencia	6	12	4	11	4	4	5
	Emergencia	25	47	29	31	25	15	15
MP10	Preemergencia	1	2	-	-	-	-	-
	Emergencia	4	11	-	2	1	-	-

Para el caso de este indicador, se aprecia una marcada disminución de la ocurrencia de episodios en categoría preemergencia y emergencia a partir del año 2018 en adelante, para el contaminante MP2,5. Luego para el MP10 la ocurrencia de este tipo de episodios se torna escasa durante los últimos años, incluso sin ocurrencia durante 2017, 2020 y 2021.

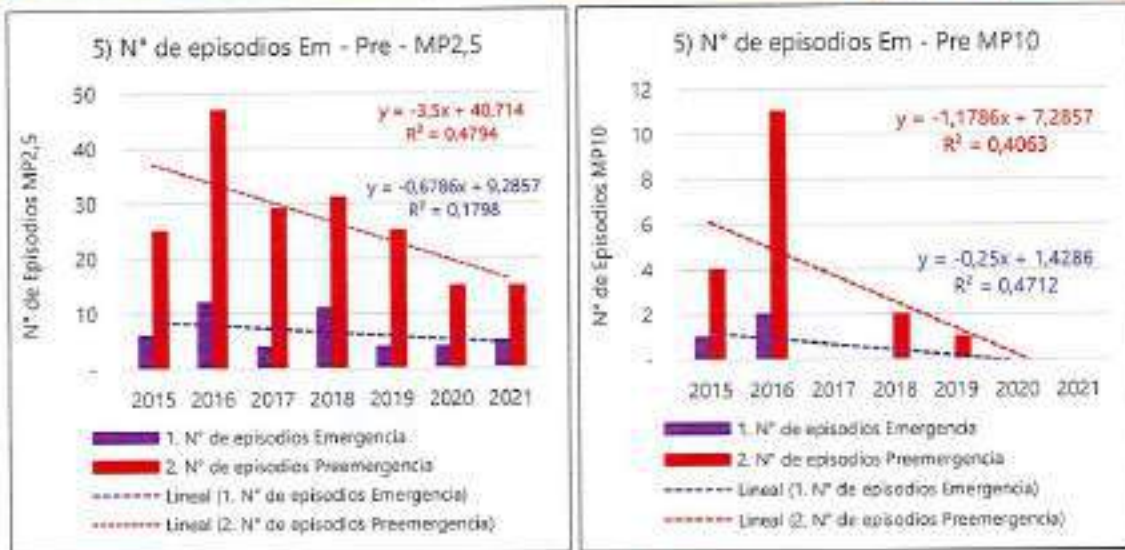


Figura 35. N° de episodios emergencia y preemergencia

Fuente: Elaboración propia

En resumen, para los 5 indicadores propuestos en el PDA se observa una reducción sostenida en el periodo evaluado. La gráfica de la Figura 36 presenta una evaluación de la reducción de cada indicador según el año evaluado. Para esto se fija como parámetro el año 2016 en donde aún no entraba en vigencia el PDA, y además por representar un año con peor condición para la mayoría de los indicadores. Para esto, se estima un indicador que tendrá un valor relativo al año de referencia, en este caso, el año 2016 se fija con valor 1. Luego, los años que expresen un valor mayor que 1, evidencian un aumento en el parámetro evaluado y los años que expresen un valor menor a 1 indican una reducción del parámetro en evaluación.

Para todos los indicadores, en el caso del contaminante MP10, se observan valores menores a 1, con referencia al año 2016, por lo que se puede concluir que la tendencia a la reducción de los indicadores se está cumpliendo según lo establecido en el PDA Valdivia.

Para los indicadores, en el caso del MP2,5 se observa la reducción de los indicadores evaluados, con referencia al año 2016 a excepción del año 2018 que en donde su reducción relativa no es tan marcada en comparación con otros años, experimentando un aumento en todos los parámetros, respecto al año 2016.

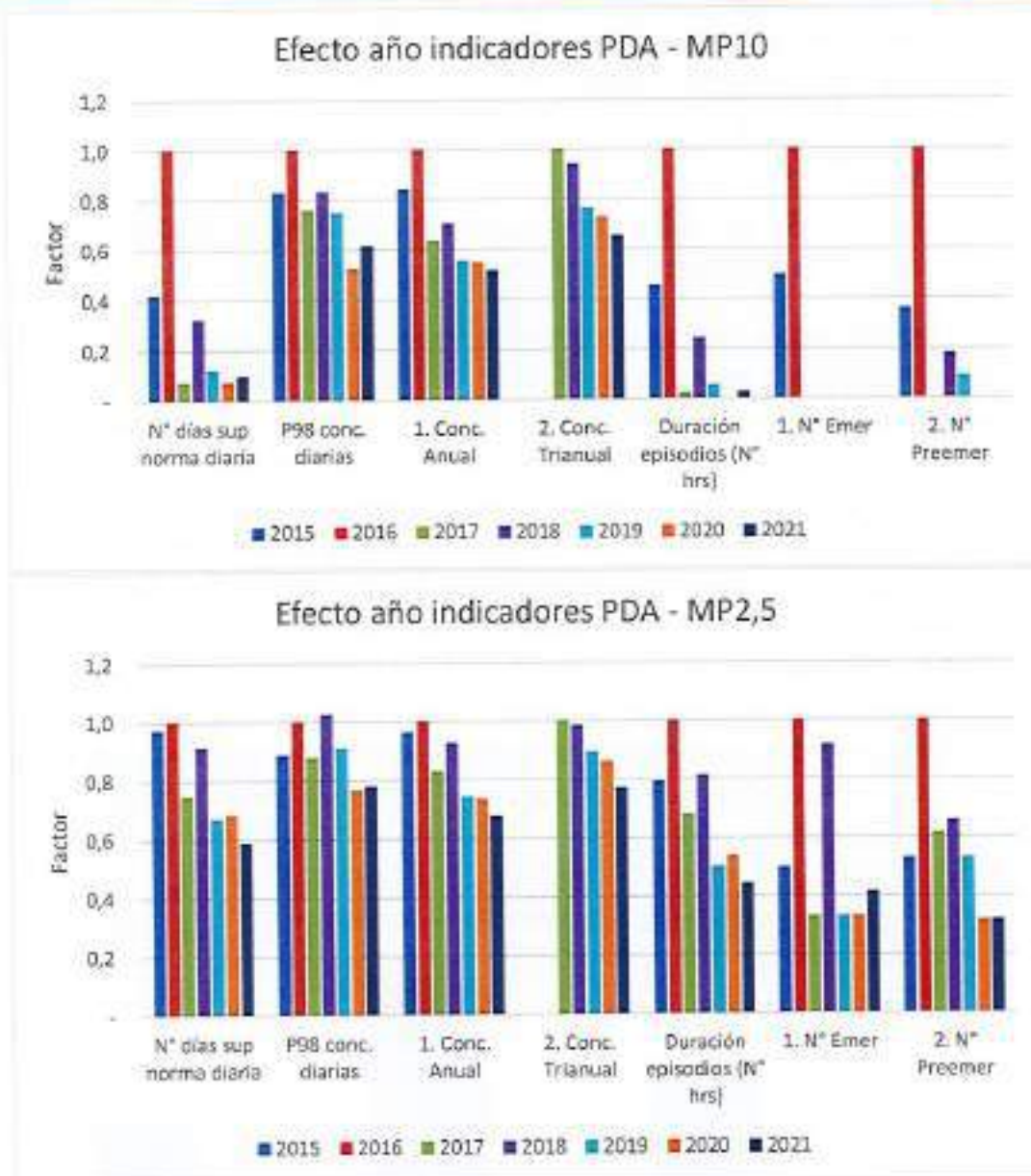


Figura 36. Factor año en la reducción de indicadores PDA para MP10 y MP2,5

Fuente: Elaboración propia

6.3 ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES

Para el área de estudio se cuenta con la estimación de emisiones mediante los estudios siguientes:

- Inventario de Emisiones Atmosféricas para la comuna de Valdivia, año base 2013. SICAM Ingeniería, año 2014 [7].

- Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos, desde la Región del Libertador Bernardo O'Higgins hasta la Región de Los Lagos, año base 2017, desarrollado por SISTAM Ingeniería para la Subsecretaría del Medio Ambiente, el año 2019 [8].
- Actualización del inventario de emisiones Atmosféricas para la comuna de Valdivia, año base 2021. SICAM Ingeniería, año 2022.

El inventario de emisiones año base 2013 fue desarrollado específicamente para la comuna de Valdivia, para las fuentes puntuales, de área, móviles y combustión residencial de leña, mediante aplicación de encuesta de caracterización de consumo de leña y artefactos. Luego, el inventario actualizado para el año 2017, corresponde al desarrollo de un inventario desde la región de O'Higgins a Los Lagos, a nivel comunal, considerando también, la comuna de Valdivia, mediante una metodología *top-down*. Las emisiones de MP2,5 estimadas a partir de la combustión residencial de leña corresponden al 90,0% y 96,6% para los años 2014 y 2017, respectivamente. Para la última actualización del inventario de emisiones se observa una baja importante en las emisiones, respecto al caso base 2013, lo que obedece a varios factores entre los cuales se observan la reducción en el consumo de leña, mejoramiento y diversificación del parque de artefactos, mejoramiento de la calidad de la leña, mejoramiento en las condiciones de operación de los equipos y una importante reducción en las emisiones de las fuentes puntuales.



Figura 37. Inventarios de emisiones anteriores en la comuna de Valdivia.

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis comparativo se considera el inventario de emisiones año base 2013 y 2021, dado que comparten la misma metodología para la estimación de emisiones proveniente de las fuentes de combustión residencial de leña, que son las más relevantes en el área de estudio.

La Tabla 89 y Tabla 90 presenta el resultado del inventario de emisiones para la comuna de Valdivia al año base 2013 y 2021 respectivamente, según categoría de fuente. Se observa que entre ambos inventarios existe una diferencia de 1.314 y 1.093 ton/año para MP2,5 y MP10, respectivamente. Se observa una reducción en torno al 30% para ambos contaminantes al año base 2021 respecto del 2013, lo que evidencia un cambio importante. La principal baja se observa en fuentes puntuales, asociadas principalmente los cambios tecnológicos de la principal fuente de emisión representada por Cartulinas CMPC, además de otras fuentes que cesaron sus operaciones y algunos otros recambios tecnológicos, lográndose una reducción del 87% de las emisiones de MP10 y un 85% de reducción del MP2,5. Respecto a las fuentes de combustión residencial de leña, representan una reducción en torno 23% y 22% para MP10 y MP2,5 respectivamente.

Tabla 89. Inventario de emisiones año base 2021 Valdivia

Categoría	MP10	MP2,5	SO _x	NO _x	CO	COV _s	NH ₃
Puntuales	36	27	25	244	96	5	-
Combustión Residencial de Leña	2.581	2.403	14	527	58.673	43.134	-
Área	19	10	41	43	173	3.625	662
Móviles	31	29	6	330	606	105	6
Total Emisiones	2.667	2.468	86	1.144	59.548	46.868	668

Fuente: SICAM Ingeniería

Tabla 90. Inventario de emisiones año base 2013 Valdivia

Categoría	MP10	MP2,5	SO _x	NO _x	CO	COV _s	NH ₃
Puntuales	264	184	646	285	233	71	-
Combustión Residencial de Leña	3.331	3.096	16	614	74.700	46.218	-
Área	54	47	28	1.744	6.773	1.819	18
Móviles	332	234	19	87	2.303	2.644	1.115
Total Emisiones	3.981	3.561	709	2.730	84.008	50.752	1.133

Fuente: SICAM Ingeniería

Como se aprecia en las gráficas de distribución de emisiones (Figura 38) indican una participación de las fuentes de combustión residencial de leña era del 87% para el año base 2013 y de un 97% para el año base 2021. Esto último obedece a una baja importante de la emisión de otras fuentes, lo que torna más relevante a la fuente de combustión residencial de leña respecto al origen de las emisiones.

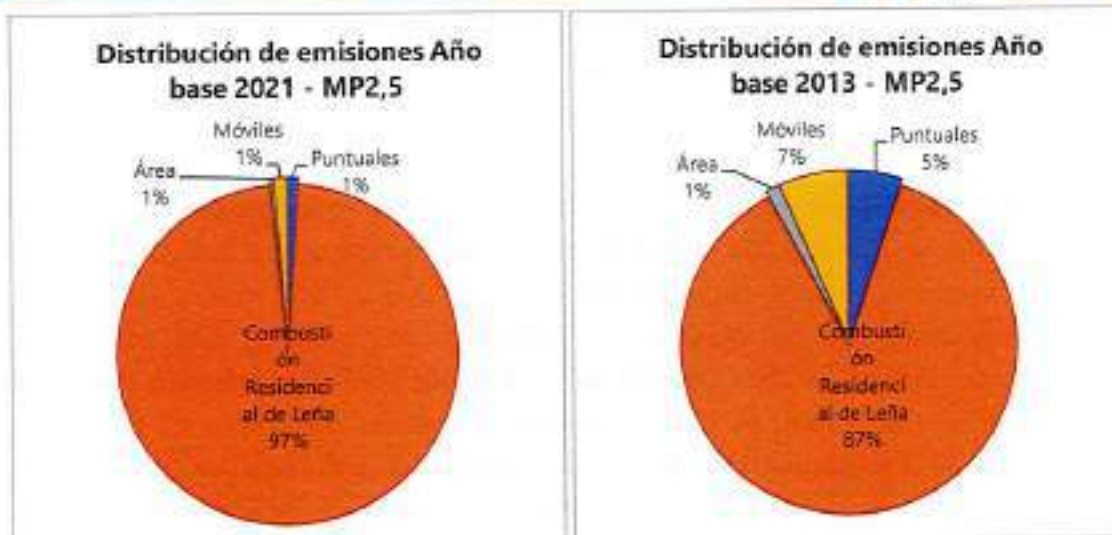


Figura 38. Distribución de emisiones MP2,5 año base 2013 y 2021
Fuente: Elaboración propia

6.4 ACTIVIDAD 4). ESTIMACIÓN DEL APORTE DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES

De las actividades de verificación de la implementación de las medidas estructurales y complementarias y la determinación de su impacto en emisiones fue posible cuantificar para algunas de las medidas más relevantes la reducción de emisiones que aportan tras su implementación, de acuerdo al análisis realizado en la actividad 3) del objetivo A) del presente informe.

Así, cuantificó el impacto en la reducción de emisiones de cada medida estructural considerando el inventario año base 2021 respecto a un inventario línea de base al mismo año, pero sin PDA, para MP2,5. El inventario en el escenario sin PDA considera que las fuentes puntuales no reducen sus emisiones conservando las emisiones del sector al año base 2013, ya que las fuentes no tendrían que cumplir con límites de emisión. Las fuentes de área otras no experimentan cambios en un escenario con y sin PDA ya que las medidas relacionadas, no generan impacto en reducción de emisiones. Las fuentes móviles consideran que un escenario base contendría las emisiones reducidas por el Programa de Recambio de Buses.

Con estas consideraciones, se tiene que el impacto en la reducción de emisiones se concentra en la fuente combustión residencial de leña, con la reducción del 29% de sus emisiones, equivalente al 80,6% de la reducción total de las emisiones entre ambos escenarios.



Tabla 91. Reducción de emisiones de MP2,5 (ton/año) escenario con y sin PDA – Inventario general

Fuente	Inventario 2021 Escenario con PDA	Inventario 2021 Escenario sin PDA	Reducción (Ton/año)	% Reducción respecto a la fuente	% aporte en la reducción respecto al inventario
Fuentes Puntuales	36	264	-228	-86%	19,2%
Combustión Residencial Leña	2.323	3.280	-957	-29%	80,6%
Fuentes de Área -Otras	10	10	-	0%	0,0%
Fuentes Móviles	29	31,1	-2,1	-7%	0,2%
Total	2.398	3.585	-1.187	-33%	100%

Fuente: Elaboración propia

6.5 ACTIVIDAD 5). DETERMINACIÓN DE NUEVAS METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

El análisis del nivel de implementación actual del PDA y el cumplimiento de las metas propuestas que permiten mejorar los índices de calidad del aire indicará la necesidad de establecer nuevas metas de reducción de emisiones, para lo cual se deberán plantear distintos escenarios de evaluación.

En este sentido, lo primero es evaluar la reducción de emisiones factible de conseguir en el actual horizonte de implementación del PDA, año 2027, para lo cual se considera 2 alternativas o escenarios de proyección, a saber: continuar con la actual tasa de implementación de medidas del PDA, denominado "escenario pasivo" o conservador, por cuanto se encuentra lejos de las metas establecidas inicialmente, o bien, acelerar dicha tasa de implementación hasta lograr el cumplimiento establecido para el periodo, por lo que se denominará "escenario ideal".

Si los resultados obtenidos indican que, bajo ninguno de los escenarios anteriormente definidos, pasivo o ideal, se logra una mejora significativa de los índices de calidad del aire al año meta 2027, que permitan salir de la zona de saturación, entonces se debe considerar ampliar el horizonte de implementación del PDA, y definir nuevas metas para la correspondiente ejecución de medidas. En efecto, en la evaluación se consideró la alternativa para un nuevo horizonte de implementación del PDA, a saber: escenario ideal 2030, que implican extender a dicho año, los escenarios anteriormente definidos (pasivo e ideal, 2027).

Los escenarios de proyección, pasivo o ideal, que permiten estimar las emisiones futuras de MP2,5 asociadas al sector combustión residencial de leña, acorde a un determinado nivel de implementación de medidas del PDA, consideran, para su configuración, una serie de supuestos y alcances que necesariamente deben cumplirse para lograr el impacto esperado. En general, cada escenario se configura, para el horizonte de evaluación, a partir de consideraciones determinantes referidas a la penetración del uso de leña y su calidad, el stock y distribución de artefactos en uso, y la demanda térmica de las viviendas. Luego, existen medidas que por su impacto moldean o definen estos aspectos, tal es el caso del

Programa de Recambio de Calefactores en la proyección del stock y distribución de artefactos en uso, o el Subsidio de Mejoramiento Térmico de viviendas en la demanda de leña. Sin embargo, existen otras medidas que tienen impacto significativo en estas mismas variables, aunque de manera más indirecta, como es el caso de medidas que promueven la renovación tecnológica a partir de la educación ambiental y/o la restricción asociada al uso de calefactores a leña de baja eficiencia y altas emisiones, o el impacto de la diversificación tecnológica y reducción de la demanda térmica que se consigue mediante exigencias específicas para nuevos proyectos inmobiliarios. De esta manera, para lograr la reducción de emisiones de MP2,5 proyectada en cada escenario, es estrictamente necesario que el PDA pueda garantizar el cumplimiento de estas medidas consideradas en segunda línea.

Para cada escenario de evaluación se proyectaron emisiones, para los cuales se determinó su equivalencia en concentraciones mediante modelación de dispersión atmosférica del material particulado a través del protocolo WRF-Calpuff, lo que permite realizar la evaluación normativa respecto al contaminante en estudio. El primer paso para el desarrollo de esta actividad fue validar el modelo, considerando un inventario de emisiones año base 2021 y contrastar su resultado con los índices de calidad del aire registrados en la estación de monitoreo oficial de la comuna de Valdivia.

6.5.1 MODELACIÓN ESCENARIOS 2027

Escenario 1. Pasivo PDA – 2027

Tasa de implementación actual en el horizonte de evaluación año meta 2027

La evaluación de un escenario proyectado al año 2027 con la tasa de implementación actual permite establecer si existe la necesidad de actualización del PDA, en relación con sus medidas, metas y horizonte de evaluación mediante el análisis técnico de cómo esta tasa de implementación se traduce en emisiones y concentraciones de MP2,5, para lo cual se define un escenario de análisis denominado Pasivo PDA 2027. Para este escenario se determinan las emisiones considerando las variables principales que se indican en la Tabla 92.

Tabla 92. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo PDA 2027

Medida	Tasa promedio observada 2018-2021	Tasa proyectada 2022-2027	Meta proyectada año 2027
Tasa de recambio anual PRC	837 recambios/año	850 recambios/año	8.717 (34% meta PDA de 26.000 recambios)
Distribución tecnologías	90% pellet / 10% otras ¹	90% pellet / 10% otras ¹	Al menos el 50% diferente a leña (según PDA)
Tasa renovación particular/Subsidio PRC	193%	20%	--
Tasa anual de subsidios Térmicos	469 subsidios/año	470 subsidios/año	4.697 (26% meta PDA de 18.000 subsidios)
% Leña seca	22% (2018) – 56% (2021)	60%	65% (según AGIES)

Operación artefacto (mala operación/buena operación)	40% / 60% (2018) 42% / 58% (2021)	42% / 58%	--
--	--------------------------------------	-----------	----

¹ Otras: considera tecnologías diferentes a biomasa (electricidad, gas, parafina)
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 93 presenta la estimación del inventario año base 2021 y el inventario proyectado al año 2027 manteniendo la actual tasa de implementación. La fuente variable corresponde a la combustión residencial de leña, dejando sin variación las demás fuentes (se conservan valores del inventario de emisiones año base 2017). Los resultados indican una reducción en torno al 31% desde el año 2021 al año meta 2027.

Tabla 93. Emisiones MP2,5 Escenario Pasivo PDA 2027

Fuente	Emisiones MP2,5 (Ton/año)	
	Escenario PDA – Año 2021	Escenario Pasivo – Año 2027
Fuentes puntuales	27	27
Combustión Residencial de Leña	2.323	1.594
Fuentes de Área – Otras	10	10
Fuentes móviles	29	29
Total	2.389	1.660

Fuente: Elaboración propia

Este escenario proyectado fue modelado mediante software de dispersión de contaminantes atmosféricos. La Figura 39 presenta los resultados de la modelación para los parámetros P98 24 horas y promedio anual de MP2,5 en el área de estudio. Para el análisis normativo se extraen los valores determinados en la estación de monitoreo oficial de la comuna de Valdivia, los cuales se presentan en la Tabla 94.

Los resultados indican que, si el PDA se sigue ejecutando a la tasa de implementación actual, las emisiones proyectadas al año 2027 no permiten bajar las concentraciones de material particulado a niveles que cumplan con la norma en toda la zona saturada. Esto se observa en el parámetro P98 en la estación Valdivia, con un valor de 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de MP2,5 encontrándose sobre el valor norma de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Para el promedio anual, el valor obtenido se encuentra justo en el máximo permitido por norma, esto es una concentración de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de MP2,5.

Tabla 94. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo PDA 2027

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Escenario Pasivo PDA - 2027		
	Límite norma	Escenario 2021	Proyección escenario
P98 24 horas	50	114	85
Promedio anual	20	27	20

Fuente: Elaboración propia

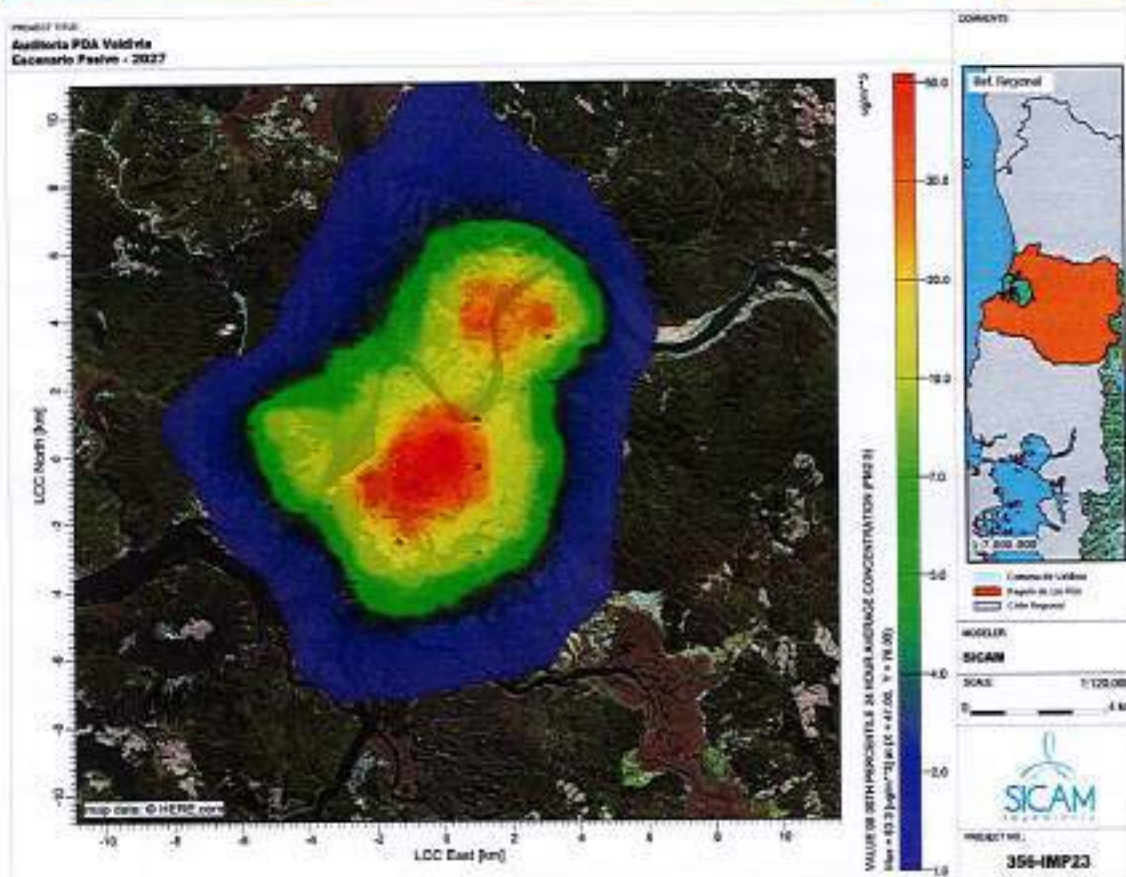


Figura 39. Modelación de dispersión de MP2,5 – Escenario Pasivo PDA 2027
Fuente: Elaboración propia

Escenario 2. Ideal PDA – 2027

Tasa de implementación acelerada en el horizonte de evaluación año meta 2027

Este escenario de evaluación plantea la necesidad de acelerar la tasa de implementación del PDA, a niveles que permitan cumplir con las metas esperadas, al año 2027, considerando que a la actual tasa de implementación no se cumple con las metas de concentración requeridas para salir del estado de saturación. Para este nuevo escenario, denominado Ideal PDA 2027, se proyectaron las emisiones al año 2027, considerando los supuestos principales que se indican en la Tabla 95. Este escenario requiere una implementación anual de 3.730 recambios/año, aumentado en más de 4 veces la tasa de implementación actual, además de aumentar unas 6 veces la tasa de implementación de subsidios térmicos.

Tabla 95. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2027

Medida	Tasa promedio observada 2018-2021	Tasa proyectada 2022-2027	Meta proyectada año 2027
Tasa de recambio anual PRC	837 recambios/año	3.730 recambios/año	26.000 (100% meta PDA)
Distribución tecnologías	90% pellet / 10% otras ¹	90% pellet / 10% otras ¹	Al menos el 50% diferente a leña (según PDA)
Tasa renovación particular/Subsidio PRC	193%	20%	--
Tasa anual de subsidios Térmicos	469 subsidios/año	2.700 subsidios/año	18.000 subsidios (100% meta PDA)
% Leña seca	22% (2018) – 56% (2021)	60% (2027)	60% (2027)
Operación artefacto (mala operación/buena operación)	40% / 60% (2018) 42% / 58% (2021)	40% / 60% (2027)	--

¹ Otras: considera tecnologías diferentes a biomasa (electricidad, gas, parafina)

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 96 presenta la estimación del inventario año 2021 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2027 con tasa de implementación acelerada que determina el escenario ideal. Los resultados indican una reducción en torno al 67% de las emisiones desde el año 2021 al 2027, cumpliendo con las metas PDA.

Tabla 96. Escenario Ideal PDA 2027

Fuente	Emisiones MP2.5 (Ton/año)	
	Escenario PDA – Año 2021	Escenario Ideal – Año 2027
Fuentes puntuales	27	27
Combustión Residencial de Leña	2.323	727
Fuentes de Área – Otras	10	10
Fuentes móviles	29	29
Total	2.389	793

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis normativo (Tabla 97) se extraen los valores modelados en la estación de monitoreo Valdivia. Los resultados indican que, al acelerar la tasa de implementación del PDA, las emisiones proyectadas al año 2027 se generarán concentraciones tales, que permitan a la comuna de Valdivia, salir del estado de saturación respecto al MP2,5, como norma diaria y anual. La Figura 40 presenta los resultados de la modelación para los parámetros P98 24 horas y promedio anual de MP2,5 en el área de estudio.

Tabla 97. Concentraciones MP2.5 modeladas - Escenario Ideal PDA 2027

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2.5 (µg/m ³) Escenario Ideal PDA – 2027		
	Límite norma	Escenario 2021	Proyección escenario
P98 24 horas	50	114	39
Promedio anual	20	27	9

Fuente: Elaboración propia

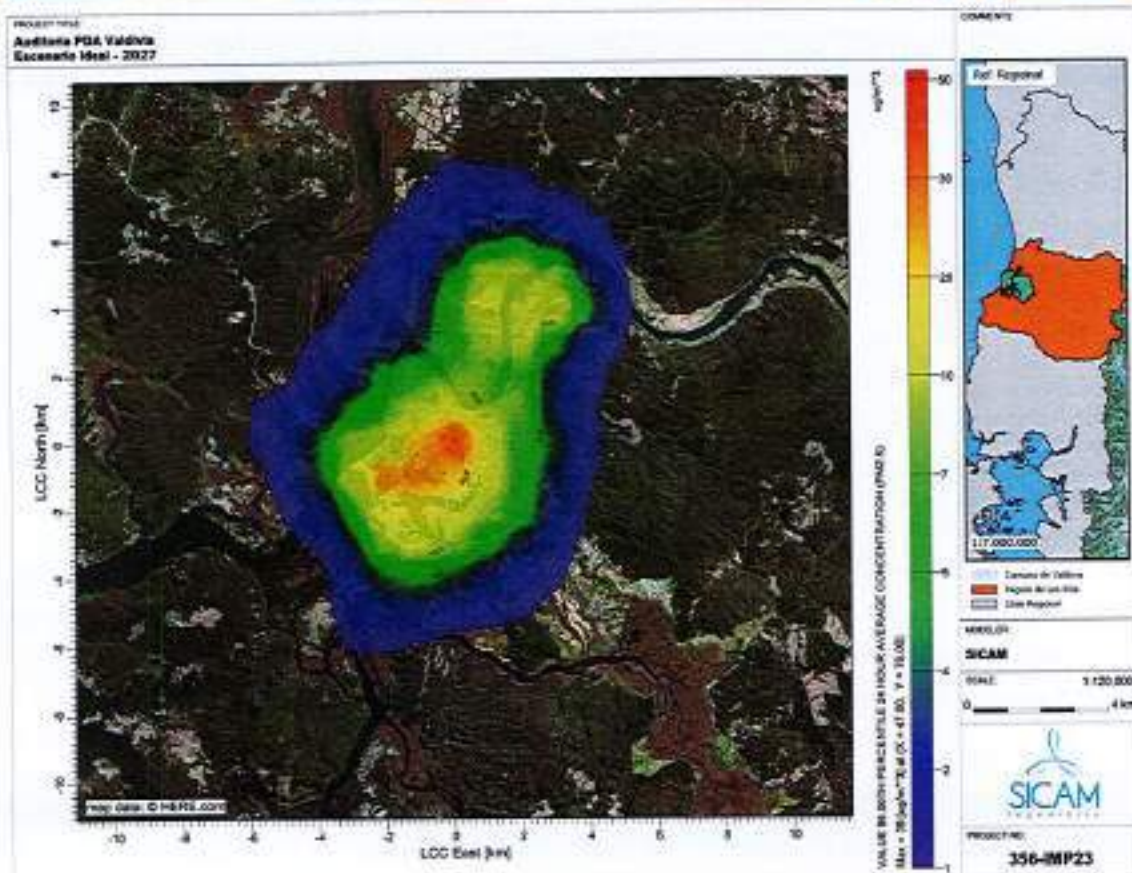


Figura 40. Modelación de dispersión de MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2027
Fuente: Elaboración propia

El análisis anterior demuestra un escenario favorable para el cumplimiento de las normas que permiten a la comuna de Valdivia salir del estado de saturación, no obstante, a partir de la experiencia observada respecto al avance de la ejecución del PDA Valdivia, entre los años 2018 y 2021 es posible prever que no se alcanzarán las metas propuestas al año 2027. Este resultado, confirma la necesidad de actualización del PDA Valdivia, tanto para establecer nuevas de metas de ejecución, como de ampliar el horizonte de evaluación, considerando un nuevo año meta, para dar cumplimiento a los objetivos del Plan.

6.5.2 MODELACIÓN ESCENARIOS 2030

Escenario 3. Pasivo – 2030

Tasa de implementación pasiva ampliando el horizonte de evaluación año 2030

Este escenario de evaluación plantea ampliar el horizonte de evaluación del PDA, al año 2030, incrementando levemente la tasa de implementación. Para este escenario, denominado Pasivo 2030, se proyectaron las emisiones al año 2030, considerando los supuestos principales que se indican en la Tabla 98.

Tabla 98. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo 2030

Medida	Tasa promedio observada 2018-2021	Tasa proyectada 2022-2030	Meta proyectada año 2030
Tasa de recambio anual PRC	837 recambios/año	1.000 recambios/año	12.617 recambios (49% meta PDA)
Distribución tecnologías	90% pellet / 10% otras ¹	90% pellet / 10% otras ¹	Al menos el 50% diferente a leña (según PDA)
Tasa renovación particular/Subsidio PRC	193%	20%	--
Tasa anual de subsidios Térmicos	468 subsidios/año	470 subsidios/año	4.697 (26% meta PDA de 18.000 subsidios)
% Leña seca	22% (2018) – 56% (2021)	60%	65% (según AGIES)
Operación artefacto (mala operación/buena operación)	40% / 60% (2018) 42% / 58% (2021)	40% / 60% (2030)	--

¹ Otras: considera tecnologías diferentes a biomasa (electricidad, gas, parafina)

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 99 presenta la estimación del inventario año 2021 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2030 con la tasa de implementación indicada. Los resultados indican una reducción en torno al 35% desde el año 2021 al 2030.

Tabla 99. Escenario Pasivo 2030

Fuente	Emisiones MP2,5 (Ton/año)	
	Escenario PDA – Año 2021	Escenario Pasivo - 2030
Fuentes puntuales	27	27
Combustión Residencial de Leña	2.323	1.500
Fuentes de Área – Otras	10	10
Fuentes móviles	29	29
Total	2.398	1.566

Fuente: Elaboración propia

Para este escenario de emisiones las concentraciones que se proyectan a partir de la modelación son las que se presentan en la Tabla 100. Los resultados indican que, a la actual tasa de implementación del PDA, aun cuando se amplíe el horizonte de evaluación, no se

logra cumplir el objetivo de sacar a la comuna de Valdivia del estado de saturación por MP2,5, para la norma diaria. Para la norma anual se encontraría bajo el límite máximo.

Tabla 100. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo 2030

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Escenario Pasivo PDA - 2030		
	Límite norma	Escenario 2021	Proyección escenario
P98 24 horas	50	114	82
Promedio anual	20	27	19

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 4. Conservador – 2030

Tasa de implementación conservadora ampliando el horizonte de evaluación año 2030

Este escenario de evaluación plantea la necesidad de acelerar la tasa de implementación actual del PDA, a niveles considerados factibles de ejecutar. Los supuestos planteados se estructuran en un nivel intermedio, respecto de los analizados anteriormente, recogiendo e incorporando la experiencia desarrollada en los primeros años de implementación del PDA, especialmente en lo referido a la tasa de ejecución del programa de recambio de calefactores.

Tabla 101. Principales de variables de evaluación escenario conservador PDA 2030

Medida	Tasa promedio observada 2018-2021	Tasa proyectada 2022-2030	Meta proyectada año 2030
Tasa de recambio anual PRC	837 recambios/año	2.000 recambios/año	21.617 recambios (83% meta PDA)
Distribución tecnologías	90% pellet / 10% otras ¹	70% pellet/30% otras ¹	Al menos el 50% diferente a leña (según PDA)
Tasa renovación particular/Subsidio PRC	193%	20%	--
Tasa anual de subsidios Térmicos	469 subsidios/año	2.700 subsidios/año	18.000 subsidios (100% meta PDA)
% Leña seca	22% (2018) – 56% (2021)	60%	65% (según AGIES)
Operación artefacto (mala operación/buena operación)	40% / 60% (2018) 42% / 58% (2021)	40% / 60% (2030)	--

¹ Otras: tecnologías de calefacción diferentes a biomasa.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 102 presenta la estimación del inventario año 2021 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2030 con la tasa de implementación indicada previamente. Los resultados indican una reducción en torno al 68% desde el año 2021 al 2030.

Tabla 102. Escenario Conservador 2030

Fuente	Emisiones MP2,5 (Ton/año)	
	Escenario PDA – Año 2021	Escenario conservador – 2030
Fuentes puntuales	27	27
Combustión Residencial de Leña	2.323	706
Fuentes de Área – Otras	10	10
Fuentes móviles	29	29
Total	2.398	772

Fuente: Elaboración propia

Para este escenario de emisiones, las concentraciones que se proyectan a partir de la modelación son las que se presentan en la Tabla 103. Los resultados indican que, bajo el escenario propuesto, se logra reducir sustantivamente las emisiones de MP2,5, logrando cumplir el objetivo de sacar a la comuna de Valdivia del estado de saturación por dicho contaminante.

Tabla 103. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Conservador PDA 2030

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2,5 (µg/m ³) Escenario Conservador PDA - 2030		
	Limite norma	Escenario 2021	Proyección escenario
P98 24 horas	50	114	39
Promedio anual	20	27	9

Fuente: Elaboración propia

Escenario 5. Alternativo – 2030

Tasa de implementación conservadora ampliando el horizonte de evaluación año 2030

Para este escenario, denominado Alternativo 2030, se plantea para ofrecer una alternativa al escenario 4, que ya demostró cumplir con las metas de reducción. Como aspecto más significativo, además de los supuestos ya incorporado en el escenario anterior, se incluye en la evaluación la pertinencia y el impacto de incorporar calefactores a leña en el programa de recambio.

Tabla 104. Principales de variables de evaluación escenario Alternativo PDA 2030

Medida	Tasa promedio observada 2018-2021	Tasa proyectada 2022-2030	Meta proyectada año 2030
Tasa de recambio anual PRC	837 recambios/año	2.000 recambios/año	21.617 recambios (83% meta PDA)
Distribución tecnologías	90% pellet / 10% otras ¹	33,3% pellet, 33,3% otras ¹ , 33,3% leña	Al menos el 50% diferente a leña (según PDA)
Tasa renovación particular/Subsidio PRC	193%	20%	--
Tasa anual de subsidios Térmicos	469 subsidios/año	2.700 subsidios/año	18.000 subsidios (100% meta PDA)
% Leña seca	22% (2018) – 56% (2021)	60%	65% (según AGIES)

Operación artefacto (mala operación/buena operación)	40% / 60% (2018) 42% / 58% (2021)	40% / 60% (2030)	–
--	--------------------------------------	------------------	---

¹ Otras: tecnologías de calefacción diferentes a biomasa.
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 105 presenta la estimación del inventario año 2021 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2030 con la tasa de implementación indicada para el escenario alternativo 2030. Los resultados indican una reducción en torno al 63% desde el año 2021 al 2030.

Tabla 105. Escenario Alternativo PDA 2030

Fuente	Emisiones MP2,5 (Ton/año)	
	Escenario PDA – Año 2021	Escenario Alternativo - 2030
Fuentes puntuales	27	27
Combustión Residencial de Leña	2.323	828
Fuentes de Área – Otras	10	10
Fuentes móviles	29	29
Total	2.398	894

Fuente: Elaboración propia

Para este escenario de emisiones, las concentraciones que se proyectan a partir de la modelación son las que se presentan en la Tabla 106. Los resultados indican que bajo el escenario propuesto, al igual que para el escenario 4, se logra reducir sustantivamente las emisiones de MP2,5, logrando cumplir el objetivo de sacar a la comuna de Valdivia del estado de saturación por dicho contaminante.

Tabla 106. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Alternativo PDA 2030

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2,5 (µg/m ³) Escenario Alternativo PDA - 2030		
	Límite norma	Escenario 2021	Proyección escenario
P98 24 horas	50	114	46
Promedio anual	20	27	11

Fuente: Elaboración propia.

7 OBJETIVO C). PROPUESTA DE LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo expone un análisis que sistematiza y resume los resultados del estudio, en términos de la verificación del nivel de avance y cumplimiento de metas del PDA, además de su impacto en emisiones y concentraciones. Este análisis permite definir la necesidad de actualización del PDA como instrumento de gestión, además de determinar dónde se deben priorizar los esfuerzos para lograr cumplir los índices de calidad del aire que permitan a la Comuna de Valdivia salir del estado de saturación.

Análisis del AGIES

Respecto a la calidad del aire: emisiones – concentraciones:

El AGIES [5] del PDA Valdivia establece una serie de medidas, las cuales, a partir de su implementación permiten reducir las emisiones en el periodo de ejecución del Plan. Se establece que, para el año meta (2025 en AGIES, pero 2027 en el PDA) se alcanzaría una reducción equivalente al 80% de las emisiones del año base, lo que generaría una concentración tal que permitiría cumplir con la norma diaria de MP2,5, alcanzando los 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Según el análisis del inventario de emisiones actualizado al año 2021 [2], se tiene una emisión de 2.469 ton/año de MP2,5, y se registra una concentración de 114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 como percentil 98 de las concentraciones de 24 horas. Esto permite establecer un factor emisión/concentración (FEC) que para la evaluación del AGIES resultó ser mayor que para la última actualización del inventario de emisiones en Valdivia, esto debido a que la metodología del inventario de emisiones empleada para la elaboración del AGIES recoge factores de emisión asociados a calefacción residencial mucho mayores que los empleados en el inventario de emisiones actualizado. Esto se traduce en que cada tonelada/año que se pueda reducir tendrá un menor impacto en la reducción de la concentración al emplear la metodología más actualizada. En la Tabla 107 se presenta el resumen de las emisiones y concentraciones proyectadas en el AGIES para el año meta, la proyección de un escenario pasivo al año 2027 y un escenario ideal al año 2027, a partir del inventario 2021. Son equivalentes los resultados planteados para el AGIES año meta y la Proyección ideal 2027, porque ambos suponen el cumplimiento de las metas de ejecución del PDA en términos de número de recambios de calefactores, subsidios térmicos, calidad de la leña, entre otros. Se observa que, en ambos escenarios de implementación, se cumple el objetivo del PDA, en términos de obtener concentraciones que permiten sacar del estado de saturación a la comuna de Valdivia, concluyéndose que el AGIES es coherente, en relación a las metas requeridas y el horizonte de evaluación planteado en el PDA.

Tabla 107. Análisis de emisión/concentración AGIES PDA Valdivia y Proyecciones

Evaluación	Inventario Año base 2021	AGIES Año meta	Proyección pasivo 2027	Proyección Ideal 2027
Emisiones (ton/año)	2.469	1.252	1.660	793
MP2,5 norma diaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	127	38	85	39
FEC	19	33	20	20

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los supuestos de evaluación:

En general los supuestos planteados en el AGIES del PDA Valdivia se observan pertinentes a la problemática de la zona saturada. Se establecen cumplimientos conservadores para las medidas evaluadas. Sin embargo, a partir de la implementación del PDA observada, se advierten cambios importantes respecto a la medida de recambio de calefactores que podría tener un impacto mayor en la reducción de emisiones, si se logra implementar de manera oportuna, dado que cambian los supuestos de ejecución.

Tabla 108. Análisis de supuestos AGIES

Regulación	Supuestos principales	Análisis respecto al supuesto																												
Uso y mejoramiento de calidad de la leña	<p>El AGIES supone que el PDA regula el comercio de la leña, exigiendo que ésta cumpla con la NCh. 2907/2005 del INN, esto es que presente una humedad menor al 25%. Supone además que el mejoramiento de la calidad será paulatino y sostenido en el tiempo, de acuerdo a la tabla siguiente.</p> <table border="1" data-bbox="423 1146 959 1251"> <thead> <tr> <th>Calidad</th> <th>2016</th> <th>2018</th> <th>2020</th> <th>2022</th> <th>2024</th> <th>2025</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Seca</td> <td>6%</td> <td>19%</td> <td>32%</td> <td>45%</td> <td>58%</td> <td>65%</td> </tr> <tr> <td>Semi-húmeda</td> <td>70%</td> <td>60%</td> <td>50%</td> <td>40%</td> <td>30%</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Húmeda</td> <td>24%</td> <td>21%</td> <td>18%</td> <td>15%</td> <td>12%</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	Calidad	2016	2018	2020	2022	2024	2025	Seca	6%	19%	32%	45%	58%	65%	Semi-húmeda	70%	60%	50%	40%	30%	25%	Húmeda	24%	21%	18%	15%	12%	10%	<p>El AGIES establece una reducción sostenida del porcentaje de uso de la leña húmeda. Esta evolución es coherente con lo determinado en la última actualización del inventario de emisiones para la comuna de Valdivia [2], que da cuenta de un 56% de viviendas utiliza leña seca, al año base 2021. Para la proyección del inventario se utiliza como porcentaje óptimo un 60% de leña seca. Dado que se cree que no existe incentivo mayor al logrado actualmente con la implementación del PDA por lo tanto los porcentajes de uso deben sostenerse en el periodo de evaluación, dado que además el PDA no ha logrado establecer una ordenanza que regule el comercio de leña seca en la comuna.</p>
Calidad	2016	2018	2020	2022	2024	2025																								
Seca	6%	19%	32%	45%	58%	65%																								
Semi-húmeda	70%	60%	50%	40%	30%	25%																								
Húmeda	24%	21%	18%	15%	12%	10%																								
Prohibición de uso de calefactores	<p>El AGIES supone la prohibición gradual de las tecnologías más precarias de calefacción comenzando por chimeneas, hechizas y salamandras desde la entrada en vigencia y cualquier calefactor residencial que no cumpla la norma de emisión (a partir del noveno año), asumiendo que la medida se adoptará entre un 100% y un 80%.</p>	<p>Este supuesto es coherente con lo evidenciado en la última actualización del inventario de emisiones para la comuna de Valdivia [2] que da cuenta de una baja participación del parque de artefactos de las tecnologías mencionadas (1,6% del parque corresponde a salamandras.</p>																												

	<table border="1"> <tr> <th>Tipo calefactor</th> <th>% adopción de la medida</th> </tr> <tr> <td>Chimeneas</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Calefactores hechizos y salamandras</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Calefactores no cumplen norma</td> <td>80%</td> </tr> </table>	Tipo calefactor	% adopción de la medida	Chimeneas	100%	Calefactores hechizos y salamandras	80%	Calefactores no cumplen norma	80%	chimeneas y hechizos y un 8,5% del parque corresponde a calefactores sin templador).
Tipo calefactor	% adopción de la medida									
Chimeneas	100%									
Calefactores hechizos y salamandras	80%									
Calefactores no cumplen norma	80%									
Programa de Recambio de Calefactores	<p>El AGIES supone el recambio de 26.000 calefactores, en donde el 50% equivale a leña certificado y el otro 50% a pellet.</p> <table border="1"> <tr> <th>Tipo calefactor</th> <th>Nº recambios</th> </tr> <tr> <td>Leña</td> <td>13.000</td> </tr> <tr> <td>Pellet</td> <td>13.000</td> </tr> </table>	Tipo calefactor	Nº recambios	Leña	13.000	Pellet	13.000	La revisión de la implementación de la medida da cuenta, al año 2021 el reemplazo de 3.617 calefactores. Las tecnologías recambiadas corresponden principalmente a pellet (89%) y kerosene (11%). No se contempla el recambio de leña por leña, en el periodo de evaluación 2017-2021. Por lo tanto, el supuesto estaría subestimando el potencial de reducción de emisiones de esta medida.		
Tipo calefactor	Nº recambios									
Leña	13.000									
Pellet	13.000									
Mejoramiento térmico viviendas	Establece una tasa de 1.800 subsidios anuales para viviendas de la zona saturada, logrando así una meta de 18.000 subsidios en el periodo de 10 años.	La revisión del estado de implementación de esta medida da cuenta de una tasa de implementación en torno al 10% de la meta en 4 años de implementación. Alcanzando una tasa promedio de 469 subsidios año, lo que se encuentra muy por debajo del supuesto establecido en el AGIES.								

Fuente: Elaboración propia.

7.1 ACTIVIDAD 1). DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE ACTUALIZACIÓN DEL PDA

El análisis de los distintos escenarios proyectados, según tasas de cumplimiento de metas del PDA, permite determinar que existe la necesidad de actualización de este instrumento, según se puede apreciar en el resumen de escenarios presentado en la Tabla 109.

Los resultados proyectados al año 2027, plantean que a la tasa de implementación actual (pasivo 2027) no se cumple con la meta de reducción de emisiones para bajar las concentraciones de MP2.5. Luego, el escenario ideal, al año 2027 sí logra la reducción necesaria para cumplir con las metas de concentración, sin embargo, se requiere una aceleración sustancial de la tasa de implementación, lo cual se advierte poco probable en base a la experiencia observada en estos primeros 4 años de implementación. De esta forma, se propone aumentar en 3 años el año meta, ampliando el horizonte de evaluación, observándose que a la tasa actual (Pasivo 2030) aún se está lejos de alcanzar la reducción necesaria para cumplir con el objetivo del PDA. Se advierte así, la necesidad de ajustar la tasa de implementación y ampliar el horizonte de evaluación.

Se propone entonces la evaluación de un nuevo escenario considerado conservador (Conservador 2030), dado que propone la aceleración de la tasa de recambios, pero a niveles

factibles de ejecutar, además de diversificar las tecnologías de recambio, esto es, incorporar un mayor porcentaje de tecnologías de baja emisión. Con este escenario, se cumple la reducción de emisiones esperada y su equivalente en concentraciones.

Se propone además un escenario alternativo, que se puede tomar como antecedentes para el análisis, que propone las mismas condiciones del escenario conservador 2030 pero incorpora leña certificada como parte de las tecnologías de recambio. Este escenario (alternativo 2030) también alcanza la reducción necesaria para salir del estado de saturación.

Tabla 109. Resumen de escenarios proyectados

Fuente	Inventarios proyectados 2027		Inventarios proyectados 2030		
	Pasivo	Ideal	Pasivo	Conservador	Alternativo
Fuentes puntuales	27	27	27	27	27
Combustión Residencial de Leña	1.594	727	1.500	706	828
Fuentes de Área - Otras	10	10	10	10	10
Fuentes móviles	29	29	29	29	29
Total	1.660	793	1.566	772	894
P98 modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (límite = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	85	39	82	39	46
Promedio anual modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (límite = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	20	9	19	9	11

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, el análisis concluye que es necesario extender el horizonte de implementación del PDA Valdivia estableciendo un foco más tenaz en el sector regulado de mayor impacto en las emisiones de MP2,5, la combustión residencial de leña, en cuanto a las medidas.

7.2 ACTIVIDAD 2). DETERMINACIÓN LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS

Se ha identificado, en términos generales, que el PDA Valdivia sistematiza el trabajo multisectorial de diversas entidades, tanto públicas como privadas, con algún grado de competencia en los ámbitos y/o alcances que aborda este instrumento de gestión ambiental. En efecto, en la ejecución del PDA participan 18 instituciones públicas, que tienen a su cargo la implementación de 80 medidas, organizadas según su tipología, en 10 capítulos, y estos a su vez, en 2 grandes bloques, referidos a medidas estructurales y medidas complementarias.

Luego, la evaluación técnica realizada indica que la implementación del PDA Valdivia ha permitido una reducción sostenida de las emisiones de MP2,5, alcanzando al cuarto año una reducción del 31% respecto de la proyección de la línea de base al año 2021 (sin PDA).

Los resultados indican de manera evidente que el mayor aporte a la reducción de emisiones proviene de la fuente combustión residencial de leña, y al mismo tiempo, es la única fuente con un potencial real para continuar contribuyendo a esta reducción para cumplir con las

metas del PDA. De esta manera, junto con la confirmación de la necesidad de actualizar el actual PDA Valdivia se presenta una propuesta respecto de la orientación que debería tomar dicha actualización.

En efecto, según se muestra en la Figura 41, el PDA Valdivia debe reajustar su enfoque hacia la fuente combustión residencial de leña, ya que si bien, es el sector que concentra el mayor número de medidas, esto no necesariamente significa que los recursos, humanos y presupuestarios, estén consecuentemente asignados, diluyéndose en la implementación de medidas de nulo o bajo impacto en la reducción de emisiones, perdiendo eficiencia en el control del instrumento.

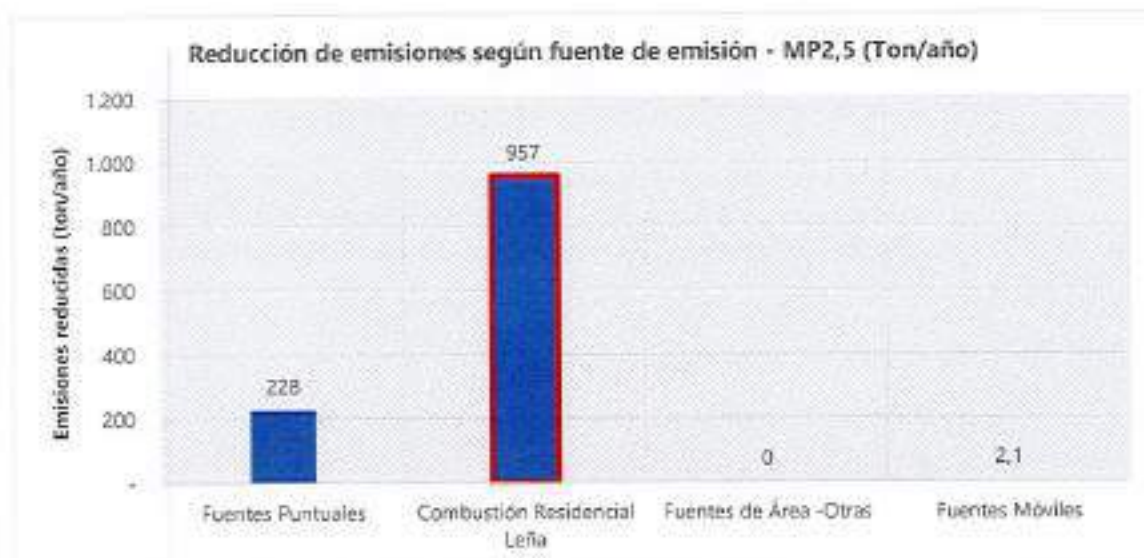


Figura 41. Reducción de emisiones de MP2,5 según fuente comuna de Valdivia
Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se definen algunas líneas de acción que podrían optimizar la efectividad de las medidas.

En primer lugar, se requiere ajustar el alcance de algunas de las principales medidas asociadas al sector residencial, que han demostrado un impacto significativo en la reducción de emisiones luego de haber sido implementadas a través del PDA Valdivia, pero cuyo avance ha sido insuficiente. Para lo cual se propone la extensión del horizonte de implementación.

Tabla 110. Líneas de acción – Mejoramiento de Artefactos: Programa de Recambio de Calefactores

Regulación	Mejoramiento de los artefactos de combustión residencial PROGRAMA DE RECAMBIO DE CALEFACTORES													
Propuesta de línea de acción	<p>En este sector regulado, la medida de mayor impacto corresponde al Programa de Recambio de Calefactores, el cual tiene en el periodo de evaluación un avance del 14% respecto de la meta propuesta, siendo su tasa de implementación más baja que lo requerido para su cumplimiento (promedio 837 artefactos/año). Para esta medida se propone aumentar el horizonte de ejecución, al año 2030. Se recomienda conservar la meta de 26.000 recambios totales, pero debe necesariamente se debe acelerar la tasa de implementación, al menos de 2.000 recambios/año. Este escenario a una tasa de 2.000 recambios/año permite el cumplimiento de las metas de concentración al año 2030, pero no cumple con los 26.000 recambios, por lo tanto, se recomienda como tasa mínima, pero debe ser superior para alcanzar además la meta de ejecución del PDA.</p> <p>Respecto a las tecnologías de calefacción, se propone que se debe aumentar la tasa de tecnologías de baja emisión (parafina, gas, aire acondicionado) en reemplazo de la leña en una proporción de al menos 70%/30% entre pellet y otras tecnologías.</p> <p>Notar que las proyecciones de emisiones para el escenario conservador se consideraron 2.000 recambios anuales, con lo cual no se cumple la meta de ejecución, pero se cumple con la meta de concentraciones, por lo tanto, se debe procurar al menos implementar la tasa proyectada.</p>													
Año PDA	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Actual PDA 2027	26.000 calefactores – 10 años (2.600 proyectado – 850 reales)													
Ideal PDA 2027	26.000 calefactores – 10 años (3.730 recambios/año requerido) (90% pellet – 10% otras)													
Conservador 2030	26.000 calefactores – 13 años (2.487 recambios/año requerido) (70% pellet – 30% otras)													

Tabla 111. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Aspectos generales

Regulación	Mejoramiento de los artefactos de combustión residencial PROGRAMA DE RECAMBIO DE CALEFACTORES													
Propuesta de línea de acción	<p>El sector mejoramiento de artefactos de combustión residencial establece, además del Programa de Recambio de Calefactores una serie de medidas tendientes a la prohibición gradual de artefactos de menor tecnología. En este sentido es importante que una actualización del PDA asegure su permanencia en el tiempo, manteniendo actividades de fiscalización efectivas.</p> <p>Por otra parte, se considera relevante incluir otros aspectos no considerados en el actual PDA, que se mencionan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del factor de emisión de artefactos certificados en condiciones reales de operación: Se recomienda la determinación de factores de emisión en condiciones reales de operación para nuevas tecnologías de combustión a leña, que ocupan un lugar cada vez más relevante en la distribución del parque de artefactos. Este es un aspecto relevante para la construcción de escenarios de emisiones que actualmente solo provienen de condiciones controladas bajo laboratorio de ensayo y no necesariamente representan la real emisión de los equipos. 													

- **Evaluación de la tasa de retención de nuevas tecnologías:** Se recomienda una evaluación en el tiempo de la retención de artefactos en viviendas beneficiarias del Programa de Recambio de Calefactores y viviendas nuevas de proyecto inmobiliarios regulados por SEIA que instalan artefactos diferentes a leña para evitar compensar emisiones. Se sugiere verificar de manera periódica (anual, trianual, etc.) que las viviendas que migraron a una tecnología eficiente mantengan este artefacto y no hayan retornado al uso de leña, o bien se haya incorporado un segundo artefacto a leña. Estos aspectos son relevantes para cumplir con las proyecciones de los escenarios de emisiones, sobre todo considerando los quiebres de stock de pellet, que se han presentado en los últimos, lo que podría llevar a un retroceso en el recambio tecnológico.
- **Promover mejoras en artefactos de combustión a leña:** La evaluación indica en el mejor escenario al año 2030 el parque de artefactos contará con unos 40 mil equipos a leña (40% del parque), la fracción más relevante corresponderá a calefactores con templador certificados, para los cuales se desconoce la tasa de emisión en condiciones reales de operación. El actual escenario de la norma de calefactores no deja espacio a mejoras en el ámbito de la combustión de leña, por lo que se recomienda la promoción de nuevas tecnologías a leña que aseguren menores tasas de emisión en condiciones reales de operación, no solo a través de ensayos en condiciones controladas.
- **Diversificar mecanismos de Recambio de Calefactores:** Incorporar líneas específicas para el Programa de Recambio de Calefactores, además de los llamados masivos que se realizan actualmente. Esto es, por ejemplo, la entrega simultánea del Programa de Recambio de calefactores y el Subsidio Térmico, en donde la combinación de los 2 beneficios genera una sinergia y da mayor soporte a la adopción de nuevas tecnologías de combustión en las viviendas.
- **Etiquetado para mantención de calefactores:** La correcta mantención de los equipos recambiados, de tecnología diferente a leña es fundamental para sostener el buen funcionamiento de los equipos y permiten mantener a los usuarios conformes con el uso de los nuevos calefactores evitando problemas técnicos y desperfectos de funcionamiento en el mediano y largo plazo. Es muy importante remarcar la importancia de las mantenciones periódicas en los calefactores, para lo cual se recomienda un etiquetado en los equipos recambiados que permitan indicar la fecha de la última mantención y recomendación de la próxima fecha por técnicos autorizados, lo que relevará la importancia de esta actividad en los beneficiarios del Programa. Si bien no necesariamente es una medida a incorporar en una futura actualización del PDA, es importante que se considere dentro de la formulación del Programa de Recambio de Calefactores.
- **Asegurar recursos para la ejecución de las medidas:** Aunque parece evidente que si el plan establece metas de cumplimiento para su implementación, esto no siempre se traduce en la obtención de los recursos necesarios para su ejecución. Esto se ha evidenciado en las brechas que se determinaron respecto a los recursos entregados y recursos requeridos para cumplir con las tasas anuales de recambio de calefactores. Se debe buscar un mecanismo efectivo que asegure la obtención de recursos para la correcta y oportuna implementación de los recambios.

Tabla 112. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Subsidios

Regulación	Mejoramiento térmico de las viviendas SUBSIDIO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO												
Propuesta de línea de acción	<p>Para este sector regulado, la medida evaluada corresponde al Subsidio de Mejoramiento Térmico de la vivienda, que en el periodo de evaluación alcanza un 10% de la meta, presentando un atraso en su implementación, la cual en el periodo debería alcanzar un 40% de avance. Para esta medida se propone aumentar el horizonte de ejecución, pero no aumentar la meta de cantidad de subsidios ejecutados, ya que se consideran suficientes para alcanzar las metas de reducción de emisiones. Sin embargo, se debe aumentar de manera sustancial la tasa de ejecución anual, que permita disminuir la brecha acumulada en los primeros años de ejecución y a la vez cumplir con las metas establecidas en el PDA. Para esto se requiere una tasa de implementación de 2.700 subsidios/año. Esto supone un desafío para las instituciones competentes, en términos de la obtención de los recursos necesarios y también en términos de difusión en la comunidad de este programa, que, según el análisis de percepción levantado a partir de la encuesta desarrollada en el marco de la actualización del inventario de emisiones de Valdivia, presentado en el punto 5.4 del presente informe, la ciudadanía reconoce escasamente este programa como parte de las soluciones asociadas a la descontaminación de la comuna. Esto se traduce en campañas de difusión y educación efectivas hacia la comunidad que generen el interés necesario para cumplir con las metas de implementación. Por otra parte, esto supone un desafío a nivel de implementación de la medida en términos de contar con más entidades técnicas que ejecuten de manera efectiva estos programas en la comuna.</p> <p>Los escenarios de emisiones proyectados y sus concentraciones equivalentes, están condicionados a la ejecución de las metas de subsidios de mejoramiento térmico de la vivienda.</p>												
Año PDA	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Actual PDA 2027	18.000 subsidios térmicos – 10 años (1.800 proyectado – 470 reales)												
Ideal PDA 2027	18.000 subsidios térmicos – 10 años (2.700 subsidios/año requeridos)												
Conservador 2030	18.000 subsidios térmicos – 13 años (1.800 subsidios/año requeridos)												

Tabla 113. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Aspectos generales

Regulación	Mejoramiento térmico de las viviendas ASPECTOS GENERALES												
Propuesta de línea de acción	<p>Para este sector regulado se recomiendan las siguientes líneas de acción, respecto al fortalecimiento de medidas que ya se consideran en el PDA o bien de algunos aspectos que deberían ser considerados en la actualización de este instrumento, las que se mencionan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mecanismos de fiscalización de estándares térmicos: Para el sector de mejoramiento térmico de viviendas uno de los aspectos de mayor relevancia considerados en el PDA tiene que ver con la definición y exigencia de estándares térmicos para las viviendas beneficiarias del subsidio aislamiento térmica y para viviendas nuevas en la zona saturada. Es de suma relevancia que el nuevo PDA establezca mecanismos efectivos de verificación de los estándares térmicos que aseguren el efecto esperado respecto a la menor demanda energética de la vivienda. 												

	<ul style="list-style-type: none"> - Difusión del Programa en la ciudadanía: Uno de los aspectos que puede ser relevante para el cumplimiento de las metas establecidas en el PDA corresponde a la difusión. El Programa debe ser ampliamente difundido en la comunidad, respecto a sus potencialidad en mejorar la calidad del aire, pero también en la mejora del confort térmico en la vivienda. Esto generará el interés necesario para obtener postulantes y beneficiarios y así poder cumplir las metas y tasas de implementación. - Potenciar el subsidio de regularización de viviendas: Uno de los aspectos observados por el servicio a cargo de esta medida, corresponde a la alta cantidad de viviendas con construcciones no reguladas ante el SERVIU. Este hecho muchas veces evita que las personas se interesen en postular el mejoramiento térmico mediante el subsidio PPPF, el cual exige viviendas regularizadas, por lo tanto, al identificarse esta brecha técnica se debe potenciar la asignación de recursos que permitan eliminar este obstáculo para los postulantes.
--	---

Tabla 114. Líneas de acción – Mejoramiento de la calidad de la leña

Regulación	Mejoramiento de la calidad de la leña ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<p>Para este sector regulado, el PDA establece la publicación de una ordenanza municipal que prohíba la comercialización de leña húmeda. Sin embargo, es una medida para la cual no se puede asegurar su cumplimiento, según lo señalado por el mismo organismo municipal. Por otra parte, la evaluación realizada en el AGIES del PDA supone una adopción tal de esta medida, que al año 2027 se alcanzaría un uso del 65% de leña en estado seca. Según los antecedentes levantados en la encuesta de caracterización de leña, en el marco de la actualización del inventario de emisiones, durante el año 2021 el 56% de la leña utilizada estaba en categoría seca.</p> <p>Al respecto, para este sector regulado las líneas de acción apuntan a que el instrumento actualizado contemple la necesidad de regular la calidad de la leña en la zona saturada, no se recomienda dejarlo a voluntad de los usuarios, sin contar con normas establecidas para su comercio y uso. Aunque se reconoce que la Ley que regula los Biocombustibles Sólidos, realizará su aporte en esta línea de acción, dado que la actual falta de regulación no permite proyectar escenarios de cumplimiento del uso de leña seca, así como tampoco permite a los servicios con competencia que fiscalizasen a comerciantes para que ofrezcan un producto con la calidad necesaria que permita no seguir aumentando las emisiones en la zona saturada.</p> <p>Por otra parte, la actualización del PDA debe establecer una meta de uso de leña seca, que impulse necesariamente a los integrantes a establecer mecanismos más eficientes de seguimiento de la calidad de la leña que comercializan.</p> <p>Es también relevante que la nueva actualización del PDA considere el pellet como un combustible prioritario dentro de la matriz energética de calefacción, por cuanto los resultados de la actualización del inventario de emisiones dan cuenta de un importante avance de la penetración de este combustible en las viviendas de la comuna de Valdivia, representando cerca del 20%, y que a través de la ejecución oportuna del Programa de Recambio de Calefactores esta cifra debería aumentar progresivamente. Esto obliga a establecer medidas destinadas a asegurar la oferta de pellet para la creciente demanda de este biocombustible.</p>

Otras medidas asociadas a este sector que deben considerarse en una futura actualización se mencionan a continuación:

- **Monitoreo periódico** (mensual, estacional) de la calidad de la leña en viviendas con un plan sectorizado y con muestreo estadísticamente representativo de la zona saturada.
- **Seguimiento efectivo de los proyectos financiados:** El actual PDA establece medidas asociadas a la ejecución de programas de financiamiento para productores y comercializadores de leña, en términos de aumentar la formalidad y mejorar infraestructura para la obtención de leña seca (Art. 16). Para los beneficiarios de estos Programas se debe realizar un seguimiento para determinar la efectividad de la medida en términos de asegurar que se esté generando un aumento en la oferta de leña seca en la zona saturada. Además de cuantificar este aumento estableciendo por ejemplo cuánta leña seca se produce por monto financiado.
- **Mayor promoción hacia la formalización** del mercado de la leña. El actual PDA establece la implementación de un Acuerdo de Producción Limpia para el rubro leñero (Art. 19), sin embargo, en el periodo evaluado no ha sido ejecutado por determinarse brechas, asociadas, entre otros aspectos, a la alta informalidad del rubro. Una futura actualización del PDA debe establecer mecanismos que potencien e incentiven la formalización de los comerciantes y productores. En la misma línea, existe una medida asociada al registro de los comerciantes de leña (Art. 17) que cuenta con escasa difusión, no tiene sanción y no cuenta con incentivos asociados a su cumplimiento. Esta medida podría aportar a la formalización del mercado si es mejorada en los aspectos mencionados.
- El PDA debe definir **Programas con financiamiento específico** para mejorar la oferta de leña seca en la zona saturada, que incluya **metas de aporte de leña seca** al mercado de la zona saturada, acorde a la demanda requerida. Se debe asignar a cada institución responsable de estas medidas volúmenes específicos o porcentajes de cobertura de la demanda de leña seca, para contar con indicadores cuantificables.
- **Fiscalización efectiva.** Esta es una medida fundamental para incentivar el mejoramiento de la calidad de la leña tanto en comerciantes como usuarios, sin embargo, mientras no se regule este aspecto no es posible su implementación. Por otra parte, para los aspectos que sí se pueden fiscalizar, en términos de formalidad del comercio y origen de la leña, se observa que las fiscalizaciones son insuficientes en cuanto a número, ejecutándose solo 10 controles por año. De debe ejecutar un plan de fiscalización más robusto que considere ampliar los métodos de control y su frecuencia.
- **Infraestructura de almacenamiento del combustible.** Se recomienda realizar un catastro de la infraestructura de almacenamiento del combustible, ya sea de leña o pellet, lo que permite mantener la calidad del combustible. Si esta infraestructura es deficiente, repercute en la calidad de la leña o pellet y por lo tanto en mayores emisiones. Este catastro podría definir si es necesario invertir recursos en proporcionar mejores condiciones de almacenamiento en las viviendas que lo requieran.

	<ul style="list-style-type: none"> - Meta de leña seca: El PDA debe establecer una meta de uso de leña seca en la zona saturada, en un horizonte de evaluación definido. Tal como se establecen metas de subsidios térmicos y recambios de calefactores. Lo que permitirá generar los programas de fomento y financiamiento acordes a las metas establecidas. Además de generar programas de fiscalización necesarios para cumplir las metas establecidas. Por otra parte, una medida de este tipo permitiría definir el seguimiento efectivo de la calidad de la leña en la zona saturada. - Potenciar la producción de pellet: Si bien el PDA actual establece la definición y ejecución de Programas de incentivo y/o apoyo a la industria de dendroenergéticos distintos a la leña (Art. 20), se requiere un proceso de fortalecimiento a la producción de pellet como biocombustible. Este es un aspecto fundamental para asegurar un stock suficiente de pellet en la zona saturada que cada año presenta una mayor demanda de este combustible, y da soporte a la medida más relevante en términos de reducción de emisiones, correspondiente al recambio de calefactores.
--	---

Tabla 115. Líneas de acción – Regulación de Fuentes Puntuales: Aspectos generales

Regulación	Regulación de Fuentes Puntuales ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<p>El actual PDA contempla la regulación de las fuentes puntuales nuevas y existentes, según su nivel de potencia térmica. Para las nuevas fuentes, se exige regulación para todos los niveles de potencia. Pero para las fuentes existentes, solo se exigen límites máximos de emisión a las que presentan una potencia térmica nominal superior a 1MWt, quedando sin regulación la gran mayoría de las fuentes de la zona saturada. Sin embargo, se destaca el hecho de que las fuentes de mayor potencia son las de mayor emisión y por lo tanto, la medida tiene un impacto importante en reducir las emisiones de material particulado en la zona saturada proveniente de estas fuentes.</p> <p>No obstante, se recomienda en un futuro PDA considerar la exigencia de límites de emisión para fuentes existentes con menor rango de potencia, lo que fomentaría el recambio tecnológico de un gran número de fuentes que aun utilizan leña para calefacción.</p>

Tabla 116. Líneas de acción – Educación: Aspectos generales

Regulación	Educación ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<p>El actual PDA establece la conformación y funcionamiento del Comité Intersectorial de Educación para el Desarrollo Sustentable (CIEDS), que contempla la participación de variados organismos con competencia en el PDA, y a partir de lo cual se genere un Programa de Fortalecimiento de Conciencia Ambiental Ciudadana. El PDA establece claramente los aspectos que se deben abordar a partir de este comité, por lo tanto, la recomendación apunta a fortalecer y entender esta línea de acción como fundamental y transversal para el correcto desempeño de todos los demás sectores regulados del PDA.</p> <p>Es importante considerar los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Campañas de educación focalizada en sectores - Campaña de difusión de amplio alcance - Promover mejoras operacionales de equipos de combustión residencial de leña, educando en aspectos determinantes para la generación de mayores emisiones, tales como uso del

	<p>tiraje, diversificación hacia nuevas tecnologías, calidad de la leña utilizada. Una campaña enfocada en mejorar estos aspectos puede contribuir de manera considerable en la reducción de emisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Campaña difusión asociada a correcta y oportuna mantención de equipos recambiados, para evitar problemas técnicos de mediano y largo plazo. - Campaña de sensibilización respecto a efectos en salud de la contaminación atmosférica. - Campañas efectivas que promuevan y difundan programas de subsidios del PDA, asociados a subsistemas térmicos para la vivienda, recambios de calefactores, fomento a la producción de leña y otros dendroenergéticos. - Relevar en los Fondos de Protección Ambiental (FPA) la temática de la calidad del aire. - Relevar a través del Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE) la temática de la calidad del aire.
--	--

Tabla 117. Líneas de acción – Medidas complementarias y estudios

Regulación	Medidas complementarias y estudios ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Red de sensores de calidad del aire sectorizado: La implementación de esta medida permitirá conocer los índices de calidad del aire de manera desagregada por sector en la zona saturada. Esta información puede ser utilizada para priorizar sectores, en los cuales se puede intervenir de manera más intensiva con campañas de educación focalizadas. Programas de Recambio de Calefactores sectorizados, inversión en infraestructura de almacenamiento de leña, entre otras. - Desarrollo de estudios técnicos para validación de factores de impacto en emisión: Se recomienda el desarrollo de estudios que permitan reducir la incertidumbre asociada al impacto en emisiones de diversos factores tales como: <ul style="list-style-type: none"> o Caracterización periódica de las condiciones de operación de los calefactores en viviendas (uso del tiraje) para ajustar estimación de emisiones y focalizar medidas de manera oportuna. o Determinar la reducción efectiva del consumo de leña en viviendas que han sido beneficiarias de subsidios de aislación térmica, considerando la evolución de los distintos estándares térmicos por el PDA. o Seguimiento periódico de la calidad de la leña utilizadas en viviendas de la zona saturada (según detalle indicado en Tabla 114) o Determinación de factores de emisión en condiciones reales de operación de calefactores certificados (según detalle indicado en Tabla 111).

7.3 ACTIVIDAD 3). PRIORIZAR LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS

Como ya se ha identificado, el actual PDA Valdivia sistematiza el trabajo multisectorial de diversas entidades. En efecto, son 18 instituciones públicas vinculadas directamente en la ejecución de más de 80 medidas, además de actores del ámbito privado y/o particular, con incidencia directa en la ejecución, ya sea como entes regulados o como proveedores del

algún bien o servicio asociado a la implementación de dicho instrumento de gestión ambiental.

De lo anterior, resulta evidente que, para lograr desarrollar de manera oportuna, y alcanzar con éxito los objetivos de un Plan de Descontaminación Atmosférica, requieren, además de los recursos económicos, de un esfuerzo significativo de gestión y coordinación multisectorial. De esta manera, en la medida que se logre hacer más eficiente la implementación y éxito del PDA, se podrá asegurar el cumplimiento efectivo de las metas establecidas.

Como síntesis del presente estudio, se tiene que, la línea de acción y medidas que deben ser priorizadas son aquellas que se relacionan con el control de la fuente de área combustión residencial de leña. Es fundamental enfocar los esfuerzos en materia de gestión y recursos económicos en medidas que generan impacto en la reducción de emisiones, abordando la principal fuente de material particulado en el área saturada, siendo recomendable incluso, redireccionar recursos utilizados en otros sectores o líneas de acción del actual PDA.

De esta manera, las medidas asociadas al mejoramiento de los artefactos, el mejoramiento térmico de la vivienda y el mejoramiento de la calidad de la leña deben seguir siendo prioritarios y se deben disponer los recursos necesarios para el cumplimiento de metas del PDA, y las metas proyectadas que se indican en el presente estudio.

- Subsidio de mejoramiento térmico de viviendas
- Programa de recambio de calefactores a leña.
- Mejoramiento de la calidad de la leña
- Fortalecimiento de la oferta de pellet
- Educación ambiental en calidad del aire.

Otro aspecto a relevar corresponde a la Educación Ambiental en la temática de calidad del aire. Esta línea de acción corresponde a un aspecto transversal, que impacta en todos los factores asociados a la combustión residencial de leña, entre los cuales se destaca:

- Prácticas de operación de los artefactos utilizadas por el usuario, principalmente, en términos de manipulación de tiraje, pero también de mantenimiento y limpieza.
- Acciones orientadas al uso de leña de calidad, tales como la compra anticipada y almacenamiento apropiado, para facilitar su secado y conservación.
- Facilitar, mediante el acercamiento y promoción de características reales y favorables de nuevas tecnologías, la adopción de otros combustibles y sistemas de calefacción, propendiendo a la renovación del actual parque de artefactos, mediante iniciativas particulares que se sumen a los esfuerzos del programa de recambio de calefactores.



- Incentivar y sensibilizar acerca de las ventajas de una vivienda mejorada térmicamente, para mejorar confort térmico y disminuir las emisiones a partir de una menor demanda térmica.

En la Tabla 118 siguiente se muestra una priorización de líneas de acción y medidas a considerar en la actualización del PDA.

Tabla 118. Líneas de acción y medidas prioritarias

Líneas de acción prioritarias	Medidas prioritarias
Eficiencia térmica de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> - Subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes. - Fiscalización de los estándares térmicos - Difusión del Subsidio de Mejoramiento Térmico de viviendas existentes <p>Las medidas establecidas en la línea de mejoramiento térmico de viviendas apuntan a lograr una disminución de la demanda térmica o energética de la vivienda, lo que se traduce en un aporte directo a la reducción de emisiones de MP2,5, cuando aquellas viviendas utilizan leña como combustible de calefacción, pero también hacen una contribución significativa y determinante al permitir o facilitar la migración a otros sistemas de calefacción que no utilizan leña, y darle sustento a medidas que sí generan una reducción directa de emisiones de MP2,5, como es el caso del programa de recambio de calefactores. De esta manera, se considera prioritario este subsidio porque es el único mecanismo que permitirá avanzar de manera real y controlada en el mejoramiento térmico del parque de viviendas existentes. Para esto se requiere efectiva fiscalización y difusión.</p>
Mejoramiento de la calidad de los artefactos	<p>Programa de recambio de calefactores</p> <p>La renovación del actual parque de artefactos a leña existente, especialmente por tecnologías diferentes a leña, representa la mayor reducción de emisiones de MP2,5. De esta manera, todas las medidas vigentes en esta línea representan un aporte a la reducción de emisiones, y deben continuar aplicándose, ya que todas ellas promueven la renovación de los actuales artefactos por otros más eficientes y menos contaminantes, pero se considera prioritario para el PDA, fortalecer el actual programa de recambio de calefactores, en términos de acelerar la tasa de implementación y el aseguramiento de recursos necesarios para su financiamiento.</p>
Mejoramiento de la calidad de la leña	<ul style="list-style-type: none"> - Definir Programas con financiamiento específico para mejorar la oferta de leña seca en la zona saturada, que incluya metas de aporte de leña seca al mercado de la zona saturada, acorde a la demanda requerida. - Medidas para asegurar la oferta de pellet en la zona saturada - Exigencia de uso y comercialización de leña seca. <p>Las medidas en esta línea se orientan a fortalecer la oferta y uso de leña seca, las que, según la evidencia de implementación durante estos primeros años del PDA,</p>

han sido insuficientes y/o no han permitido cuantificar el real impacto de los financiamientos entregados. De esta manera, para la actualización del PDA se considera prioritario la adopción de medidas que permitan garantizar el uso de leña seca, debiendo establecerse mecanismos para su logro, con avances cuantificables en el horizonte de evaluación establecido.

Pero además, considerando la relevancia de pellet como combustible, se deben generar medidas que aseguren una oferta acorde a la demanda que se observa como creciente en la zona saturada.

7.4 ACTIVIDAD 5). IDENTIFICAR PUNTOS CRÍTICOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PDA

7.4.1 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RIESGOS

Identificación de Riesgos

La identificación está orientada a determinar en cada uno de los sectores regulados se analizarán previamente, los factores internos o externos que puedan ocasionar riesgos en la ejecución de las medidas comprometidas y que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos trazados en la actualización del Plan.

A partir de lo anterior, los riesgos identificados se clasifican de acuerdo a su origen y tipología, según lo indicado en el Documento Técnico para Gestión de Riesgos en el Sector Público [10], que a su vez se basa en la NCh-ISO 31000:2012 y en menor medida en el marco COSO II, para gestión de riesgos corporativos.

Tabla 119. Clasificación de Riesgo según origen

ORIGEN	DESCRIPCIÓN
INTERNO	Aquellos riesgos que se originan al interior de la organización gubernamental.
EXTERNO	Aquellos riesgos cuya fuente de origen está en situaciones fuera del ámbito gubernamental.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público [10].

Por otra parte, los riesgos se clasificarán según su tipo, de acuerdo a las especificaciones presentadas en la Tabla 120.

Tabla 120. Clasificación de Riesgo según tipología

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
ECONÓMICOS	Se relacionan con elementos financieros, comerciales y presupuestarios.
SOCIALES	Se relacionan con elementos de comunidad social, cultural, demográfica, comportamientos sociales.

TECNOLÓGICOS	Acerca de las tecnologías involucradas en los mecanismos de generación de oferta.
ESTRATÉGICOS	Aspectos claves para el desarrollo de la Organización, que se relaciona con decisiones superiores o política de Gobierno.
PROCESOS	Elementos que se relacionan con los distintos aspectos de los procesos que desarrolla la organización o empresa, ya sea desde el ámbito administrativo o productivo.
LEGAL	Aspectos de cumplimiento y de conformidad del actuar de la organización con la normativa pública general y específica aplicable a esta.
PERSONAS	Aspectos relacionados al personal de la Organización, desde su ingreso hasta su egreso del mismo.
IMAGEN	Aspectos relacionados con el perfil de la Organización y la reputación social del mismo. Percepción de la comunidad del actuar de la Organización.
SISTEMAS	Relacionado con los sistemas de información de la Organización, las tecnologías que posee y los datos que maneja.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público [10].

Clasificación De Los Riesgos Identificados

La clasificación de los riesgos identificados se enfoca en examinar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos (Tabla 121) y las consecuencias potenciales en relación a la valoración de su impacto (Tabla 122). Esta probabilidad e impacto se conjugan para generar la severidad del riesgo, de acuerdo a los criterios planteados (Tabla 123).

i. Clasificación de la probabilidad

Tabla 121. Clasificación de la probabilidad del riesgo

Categoría	Valor	Descripción
Casi certeza	5	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy alta. Ha ocurrido u ocurrirá probablemente en la organización y no hay motivos para suponer que no ocurrirá nuevamente.
Probable	4	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es alta. Ha sucedido varias veces en áreas similares antes o es una consecuencia común en la organización.
Moderado	3	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es media. Ha sucedido ocasionalmente en el pasado, aunque de manera poco frecuente en la organización.
Improbable	2	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es baja. No existen circunstancias específicas que sugieran que esto podría pasar, pero ha sucedido antes al menos una vez en la organización.
Muy improbable	1	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja. Sería necesario un cambio sustancial de las circunstancias para crear el ambiente propicio para que esto ocurra, y, de todos modos es un suceso poco común.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público [10].

ii. Clasificación del Impacto

Tabla 122. Clasificación del impacto

Categoría	Valor	Descripción
Muy alto	5	Riesgo cuya materialización dañaría gravemente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo finalmente que estos se logren en el año en curso.
Alto	4	Riesgo cuya materialización dañaría significativamente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo que se desarrollen total o parcialmente en forma normal en el año en curso.
Medio	3	Riesgo cuya materialización causaría un deterioro en el desarrollo del proceso dificultando o retrasando el cumplimiento de sus objetivos, impidiendo que éste se desarrolle parcialmente en forma normal en el año en curso.
Bajo	2	Riesgo cuya materialización causaría un bajo daño en el desarrollo del proceso y no afectaría el cumplimiento de los objetivos en el año en curso.
Muy bajo	1	Riesgo cuya materialización puede tener un pequeño o nulo efecto en el desarrollo del proceso y que no afectaría el cumplimiento de los objetivos en el año en curso.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público [10].

iii. Nivel de severidad

La Tabla 123 representa la clasificación del riesgo según su severidad, considerando la combinación de su impacto y su probabilidad de ocurrencia. El nivel de severidad, en algunos casos, a igual valor, posee distinta ponderación, lo cual está dado porque el nivel de impacto tiene una mayor incidencia en el nivel de severidad asignada, que la probabilidad de ocurrencia, ya que, cuando un riesgo tiene un alto impacto, aun cuando su probabilidad de ocurrencia sea menor, el hecho de que se manifieste tendrá consecuencias significativas en el cumplimiento de los objetivos trazados en el proceso en cuestión.

Tabla 123. Clasificación de la severidad del riesgo

IMPACTO \ PROBABILIDAD	MUY ALTO (5)	ALTO (4)	MEDIO (3)	BAJO (2)	MUY BAJO (1)
CASI CERTEZA (5)	EXTREMO (25)	EXTREMO (20)	EXTREMO (15)	ALTO (10)	ALTO (5)
PROBABLE (4)	EXTREMO (20)	EXTREMO (16)	ALTO (12)	ALTO (8)	MODERADO (4)
MODERADO (3)	EXTREMO (15)	EXTREMO (12)	ALTO (9)	MODERADO (6)	BAJO (3)
IMPROBABLE (2)	EXTREMO (10)	ALTO (8)	MODERADO (6)	BAJO (4)	BAJO (2)
MUY IMPROBABLE (1)	ALTO (5)	ALTO (4)	MODERADO (3)	BAJO (2)	BAJO (1)

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público [10].

7.4.2 Matrices de riesgo

Para el análisis de factores de riesgo, se consideró la evaluación de las medidas de tipo estructural enfocadas en la fuente combustión residencial de leña, por considerarse la de mayor relevancia en el área de estudio. El análisis se ha orientado de manera general a las medidas más relevantes dentro de cada sector regulado, considerando el periodo de ejecución del PDA y futuras ampliaciones del horizonte de evaluación.

Los riesgos identificados por sector fueron evaluados de acuerdo a una matriz que considera la valoración del riesgo en base a los criterios establecidos precedentemente. Cada matriz considera la medida según sector, la valoración del riesgo en cuanto a su probabilidad de ocurrencia y su nivel de impacto, y la valoración de la severidad. Se incorpora además de las justificaciones asociadas a la evaluación y las correspondientes recomendaciones.

La Tabla 124, Tabla 125 y Tabla 126, presenta la matriz de riesgos identificados para los sectores Mejoramiento de Artefactos de Combustión, Mejoramiento Térmico de Viviendas y Mejoramiento de la Calidad de la Leña, respectivamente, considerando riesgos internos y externos.

Tabla 124. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento de Artefactos

MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PRO	IMP	SEV		
RIESGOS EXTERNOS								
Programa de Recambio de Calefactores	Usuarios no interesados en adopción de nuevas tecnologías de calefacción distintas a leña	- Quiebre de stock de pellet	Externa/Social	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	Evidencia del quiebre de stock para abastecer la demanda de pellet, ampliamente difundida por los medios y con afectación directa a los usuarios en su calidad de vida. No solo en Valdivia, si no en todo el centro-sur. Este riesgo se puede manifestar en la medida que el Programa aumenta la tasa de ejecución y el alcance de la medida, en donde encontrará usuarios con más arraigo a la leña y menor interés en recambiar a una tecnología que tiene mayores costos de operación que la leña.	Medidas que aseguren la oferta de pellet, para dar respuesta a la creciente demanda de este combustible para dar soporte a una medida fundamental como es el recambio de calefactores.
	Desinterés de acceder a los Programas por parte de los usuarios.	- Altos costos de operación - Copagos - Prioridades particulares en otros ámbitos	Externa/Social	MODERADO (3)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (15)		Fortalecer los canales de difusión y diversificar el público objetivo. Evidenciar ventajas de los nuevos sistemas de calefacción.

	Capacidades de las empresas proveedoras insuficientes para abastecer la demanda de los Programas de Recambio de Calefactores en los plazos establecidos	Quiebras de stock de proveedores por causas externas o globales	Externa/Procesos	IMPROBABLE (2)	ALTO (4)	ALTO (8)	La diversificación de proveedores hace que este hecho sea improbable, sin embargo, se ha observado problemas de abastecimiento debido a la contingencia sanitaria COVID-19, a nivel global. Aun así, la ocurrencia de estos eventos es escasa.	Seguimiento continuo de los procedimientos asociados a la ejecución del los Programas de Recambio de Calefactores. Evaluación continua de proveedores y su desempeño
RIESGOS INTERNOS								
Programa de Recambio de Calefactores	Recursos destinados a la ejecución del Programa son insuficientes en los plazos requeridos	- Cambio en las prioridades del Gobierno. - PDA no asegura financiamiento de esta medida.	Interno / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	La evidencia observada indica que los recursos destinados al Programa de Recambio de Calefactores está lejos del requerimiento para su oportuna ejecución.	El PDA debe buscar los mecanismos que aseguren el financiamiento de este Programa, a la tasa anual requerida y en los plazos establecidos.
	Gestión inadecuada asociada a la ejecución de los Programas por parte de la institución	Personal insuficiente. Gran cantidad de procesos asociados: postulación, selección, convenios, copagos, instalación, chatarrización.	Interno / Procesos	MUY IMPROBABLE (1)	MEDIO (3)	MODERADO (3)	Es muy improbable por la experiencia desarrollada en los Programas implementados. Por otra parte, se destina una oficina específica a la gestión del Programa.	Procurar disponer de un equipo de gestión del Programa de manera permanente durante la ejecución del PDA. Además de seguir contando con el apoyo de una oficina exclusiva al desarrollo el Programa.
	Retraso en las adquisiciones de equipos para implementar los Programas de Recambio	Procesos administrativos ineficientes. Licitaciones públicas con plazos muy extensos.	Interno / Procesos	MODERADO (3)	ALTO (4)	EXTREMO (12)	Se ha observado que, a causa de aspectos administrativos, asociado a la adquisición de equipos se han generado retrasos en la implementación del Programa. Pero esto obedece a eventos puntuales, no siendo la generalidad.	Fortalecer la entrada de proveedores al sistema de Grandes Compras para las diversas tecnologías de calefacción, lo que puede optimizar los tiempos de ejecución del Programa.

* **PROB:** Probabilidad de ocurrencia - **IMP:** Impacto - **SEV:** Severidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 125. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda

MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PRO	IMP	SEV		
RIESGOS EXTERNOS								
Entrega de subsidios de aislamiento térmico	Usuarios no interesados en acceder al Subsidio de Aislación Térmica	Usuarios no conocen la existencia del Subsidio No conocen las ventajas de la aislación térmica de la vivienda.	Externa/Social	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	Se considera probable la existencia de este riesgo, dado que la entrega de subsidios anuales es muy baja en relación a la tasa requerida para alcanzar las metas. Además en análisis de percepción ciudadana el Subsidio es escasamente conocido.	Diseñar una estrategia de difusión del Subsidio de Mejoramiento Térmico y sus ventajas en la ciudadanía.
	Usuarios no pueden acceder a los subsidios	- Altos copagos - Alta irregularidad en la construcción de las viviendas	Externa/Social	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	Se consideró que una brecha importante para que las viviendas accedan al subsidio de mejoramiento térmico es que existen muchas construcciones no regularizadas, por lo tanto, podría representar un riesgo probable para la ejecución de las metas propuestas en el Programa.	Fortalecer el subsidio adicional para la regularización de viviendas que desean postular al subsidio de mejoramiento térmico.
Estándares para Subsidios de Aislación Térmica y Viviendas Nuevas	Fuerza de trabajo capacitada insuficiente para ejecutar obras con los estándares requeridos	Falta de capacitación. Inexperiencia en los nuevos estándares y materiales.	Externa/Personal	MODERADO (3)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (15)	Se considera de probabilidad moderada, dado que existe experiencia asociada los primeros años de ejecución del PDA, sin embargo, su impacto es muy alto, por lo tanto, es un tema relevante a considerar, para asegurar la efectividad de la medida.	Exigencia de prestadores capacitados respecto a los estándares térmicos, tanto para subsidios térmicos como para quienes ejecutan obras de nuevas viviendas. Fortalecer la fiscalización de los estándares térmicos en viviendas nuevas y beneficiarias de subsidios de mejoramiento térmico.

	Prestadores de Servicio de Asistencia Técnica (PSAT) Faltan recursos para los estándares y pagar recuentos	Baja rentabilidad de los negocios Falta de estándares mejorados. Falta de conocimiento de los mercados y falta de equipamiento	Escasa oferta laboral PROBLEMA DE MEDIO ALTO	La existencia de escasa oferta laboral que los prestadores con a su vez afecta la ejecución de los subsidios requeridos por ellos. Mejorar las condiciones para los prestadores. Reforzar la ejecución de los Programas en la ciudadanía. Aumentar los recursos económicos destinados a la ejecución de las obras para lograr con estas las requeridas y de esta manera cumplir con la norma.
RIESGOS MITIGADOS				
	Recursos destinados a la ejecución de los subsidios insuficientes en los plazos requeridos	- Cambios en las prioridades del Gobierno. - FODA en ejecución financiera de esta medida.	Interno / Económico MEDIO ALTO	La existencia de escasa oferta laboral que los recursos destinados a los Subsidios de Mejoramiento Ambiental están sujetos al cumplimiento para su oportuna ejecución. El PDA debe buscar las alternativas para asegurar el fin de esta Subsidio a la tasa única requerida en los plazos establecidos.
Entrega de subsidios de subsidio técnico	Inadecuada gestión asociada a la ejecución de los programas	Pobre conocimiento. Gran cantidad de procesos asociados	Interno / Procesos MEDIO ALTO	Para el caso de PDA, ver que la ejecución de recursos asociados a esta medida está a cargo del nivel central de Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Por lo tanto hay un potencial de que los procesos de ejecución no se realicen oportunamente en la región. Se recomienda la revisión continua de los procesos asociados a la ejecución de los subsidios de subsidio técnico y en lo posible que sean ejecutados en la misma región para mayor control de cada etapa.
Estándares para Subsidios de Asistencia Técnica y Viviendas Nuevas	Capacidad de fiscalización insuficiente para asegurar los estándares establecidos por la medida	Falta de profesionalización	Interno / Procesos MEDIO ALTO	El alto número de obras asociadas a subsidios y viviendas nuevas puede ser sobrepasado la capacidad de los servicios competentes. Hay un potencial en la capacidad de fiscalización en aspectos relacionados con el cumplimiento técnico

- PROB: Probabilidad de ocurrencia - IMP: Impacto - SEV: Severidad
 Fuente: Elaboración propia



Tabla 126. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento de la Calidad de la Leña

7	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PRO	IMP	SEV		
RIESGOS EXTERNOS								
Ordenanza que permita regular y fiscalizar el comercio y calidad de la leña (en caso de que entre en vigencia)	Comerciantes no cuentan con capital de trabajo necesario para enfrentar el cambio de regulación.	Mercado constituido mayoritariamente por pequeños comerciantes con bajos niveles de capitalización.	Externo / Económico	EXTREMO (25)	EXTREMO (25)	EXTREMO (25)	Se advierte alta informalidad del mercado, baja asociatividad y alta dispersión de productores y comerciantes.	Fortalecimiento de los Programas de Fomento a toda la cadena productiva con financiamiento sectorial. Promover la formalización del mercado.
	Falta de infraestructura asociada al proceso de secado de leña.	Altos costos de inversión asociados	Externo / Económico	EXTREMO (25)	EXTREMO (25)	EXTREMO (25)		
	Comerciantes no dispuestos a cambiar prácticas de comercialización.	Percepción de pérdida de rentabilidad. Falta de capacitación.	Externo / Proceso	EXTREMO (16)	EXTREMO (16)	EXTREMO (16)	Situación se proyecta en el tiempo debido a que circula en el que se desvirtúa el comerciante es altamente informal.	Fortalecer los canales de difusión y capacitación de comerciantes. Ofrecer incentivos a la formalización.
	Usuarios no interesados en cambiar malas prácticas de uso asociadas a la leña.	Costumbre. Percepción errada respecto a la eficiencia del producto. Mayor costo de la leña seca	Externo / Social	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	Arraigo a ciertos mitos asociados al uso de leña húmeda, como duración, menor riesgo. Pero se ha avanzado en la concientización.	Fortalecer los canales de difusión. Evidenciar ventajas de uso eficiente de la leña. Promover programas de educación en la ciudadanía.
RIESGOS INTERNOS								
Ordenanza que permita regular y fiscalizar el comercio y calidad de la leña	Elaboración de la ordenanza pero sin publicación	Programas de gobierno comuna no consideran la medida como prioritaria o la medida no forma parte de éste.	Interna/Estratégico	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	La evidencia indica que si bien existe una ordenanza elaborada, esta no ha sido publicada en el periodo requerido.	Involucrar al municipio en la problemática de la calidad del aire y buscar los mecanismos para lograr una ordenanza que beneficie tanto a productores, comercializadores y usuarios en torno a la calidad de la leña.
Fiscalización del comercio de leña	Programa de Fiscalización insuficiente para la cantidad de comerciantes de leña	Escases de personal asociado a labores de fiscalización. Falta de financiamiento específico para esta tarea.	Interna/Ejecutivos	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	La evidencia indica que el número de fiscalizaciones es insuficiente para abarcar de manera significativa el comercio de leña en la comuna.	Se debe configurar un Programa de Fiscalización más efectivo y con mayor alcance en la comuna.

Programas de Apoyo a la Producción y Comercio de Leña	Recursos destinados a ejecución de la medida en los plazos requeridos.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de recursos financieros del Gobierno. - Falta de voluntad política para implementar la medida. 	Interno / Proceso	COPOLIVICANA	MUY ALTO (3)	La evidencia indica que son escasos los programas de financiación para esta medida. Siendo insuficientes y no contados con el seguimiento necesario para evaluar su efectividad.	Se debe establecer un programa de financiación específico con un monto de los objetivos de 204 que permita cubrir una meta de ejecución de la oferta de leña seca al momento de la promulgación de la Ley que se pueda cuantificar su impacto en la reducción de emisiones.
Programas de Apoyo a la Producción y Comercio de Leña	Asignación de recursos económicos a proyectos municipales y regionales.	Falta de cumplimiento de los beneficios durante la ejecución. Baste de recursos en aspectos relacionados con aumento de la oferta de leña seca.	Interno / Proceso	EXTREMO (10)	EXTREMO (10)	Justifica en la falta de capacidad de seguimiento a la entrega de leña seca.	Focaliza la asignación de recursos en los aspectos que aseguran la contribución al aumento de la oferta seca.
Programas de Apoyo a la Producción y Comercio de Pellet o otro destino de leña	Recursos destinados a ejecución de la medida en los plazos requeridos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio en las prioridades de Gobierno. - Falta de asignación financiera para esta medida. 	Interno / Proceso	CASI CERTERA (9)	MUY ALTO (9)	La evidencia indica que son escasos los programas de financiación para esta medida. Siendo insuficientes y no contados con el seguimiento necesario para evaluar su efectividad.	Se debe contar con mecanismos que aseguren la oferta de pellet para suplir la demanda existente de este biocombustible. Uno de estos mecanismos es el financiamiento de iniciativas destinadas a la producción y comercialización de este energético.

La evaluación de riesgos del PDA Valdivia, enfocado a los compromisos pendientes y metas propuestas en el periodo de ejecución, da cuenta de que el sector que presenta mayores puntos críticos corresponde al de Mejoramiento de la Calidad de la Leña, por cuanto casi todos los riesgos identificados se encuentran en nivel extremo, con una alta probabilidad de ocurrencia y un impacto muy alto considerando que, si se materializa, se pone en riesgo el cumplimiento de la medida, en términos de contar con mayor uso de leña seca en la zona saturada. Esto es dependiente de la promulgación de una ordenanza municipal, pero también, respecto a la entrada en vigencia de la Ley que regula los Biocombustibles Sólidos [11]. De acuerdo a los antecedentes, dicho sector, es el que presenta menor flexibilidad para adaptarse a los nuevos requerimientos, por corresponder a un mercado mayoritariamente informal y escasamente regulado. En relación al sector de Mejoramiento Técnico de Viviendas, los puntos críticos, corresponden a la falta de recursos económicos destinados al cumplimiento de la medida, la falta de usuarios interesados en participar de este programa, ya sea por desconocimiento del mismo o por contar con viviendas con construcciones no

regularizadas. Además, la falta de Prestadores de Servicio de Asistencia Técnica (PSAT) para ejecutar las obras de mejoramiento con los estándares requeridos.

Respecto al Mejoramiento de Calefactores, la medida del Programa de Recambio de Calefactores presenta puntos críticos, con riesgos identificados como "recursos destinados a la ejecución de los subsidios insuficientes en los plazos requeridos" calificado como el más crítico, y un probable desinterés de adopción de nuevas tecnologías de calefacción distintas a leña, por causas como quiebre de stock en la provisión de pellet.

7.5 ACTIVIDAD 4). ESTRATEGIAS A LARGO PLAZO

En el desarrollo del presente estudio, tanto en las actividades de verificación de implementación de medidas, luego en las actividades de evaluación del impacto y cumplimiento de metas asociadas a la reducción de emisiones, y finalmente, en la priorización de líneas de acción, se ha dejado de manifiesto que el actual PDA presenta retrasos en la oportuna implementación de las medidas, para lograr los compromisos de descontaminación asumidos. En efecto, según la evidencia mostrada, la tasa de implementación de medidas ha sido más lenta durante los primeros años de implementación del PDA, especialmente en las medidas que requieren productos o servicios más desarrollados, como es el caso del mejoramiento térmico de viviendas, recambio de calefactores y disponibilidad para uso de leña seca. Por otra parte, según el análisis de factores de riesgo presentado en el punto anterior, se identificó que los 3 ejes principales de evaluación presentan riesgos en categoría de extremo para su implementación, para los cuales, si no se atienden las recomendaciones existe una alta probabilidad de no dar cumplimiento a las metas comprometidas.

Considerando en análisis anterior, desarrollados en la matriz de riesgo se logró establecer que las medidas asociadas al mejoramiento de artefactos cuentan con un 67% de sus riesgos identificados en categoría extrema, el mejoramiento térmico de viviendas en un 86% y el mejoramiento de la calidad de la leña en un 100%, tal como se observa en la Figura 42.



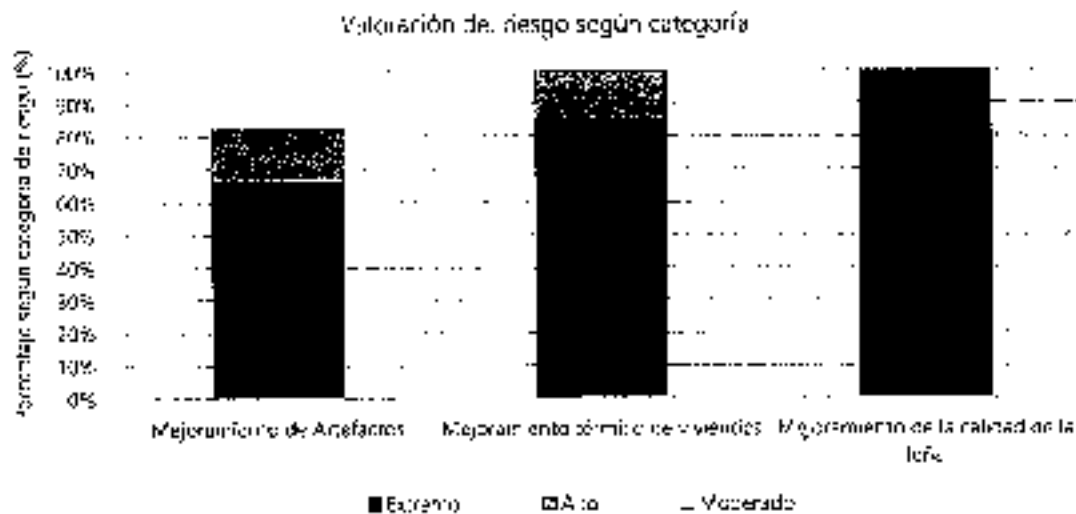


Figura 42. Valoración de factores de riesgo según sector regulado
Fuente: Elaboración propia

A partir de lo anterior, y considerando la actualización del FDA, es de suma relevancia poder establecer las estrategias que permitan garantizar el logro de las metas de reducción de emisiones fijados para el horizonte de implementación del PDA, y junto con ello, alcanzar los niveles de calidad del aire que permitan a la comuna de Valdivia salir de la condición de saturación. A continuación, se hace una mención preliminar respecto de estrategias que deben ser consideradas en el mediano y largo plazo:

- Garantizar partidas presupuestarias trienuales o quinquenales requeridas para la implementación oportuna de las medidas y/o líneas prioritarias.
- Establecer mecanismos para fortalecer de manera real la oferta de agua en la zona saturada con indicadores efectivos para el seguimiento y oportuna toma de decisiones. En conjunto con abordar la oferta de pelet como factor relevante en el futuro próximo para la comuna de Valdivia, que asegure su permanencia en el tiempo.
- Desarrollar mecanismos que permitan, no solo hacer seguimiento de la ejecución de las medidas, si no que también cómo esta ejecución se traduce en una reducción efectiva en las emisiones de la zona saturada, esto es, medir el impacto de su implementación, lo que puede permitir ejecutar acciones correctivas oportunas.

8 CONCLUSIONES

Respecto a la evaluación del estado de avance del PDA y su impacto en emisiones

- i) El presente estudio evaluó el estado de implementación del actual PDA Valdivia para el periodo 2018-2021, considerando que la fecha de inicio del Plan es a mediados del año 2017. En este periodo se determinó el estado de cumplimiento de las medidas según institución responsable. Considerando el plazo de implementación del PDA, fue posible observar que al año 2021 el 95% de las medidas ha entrado en ejecución, como porcentaje acumulado, quedando solo 5 medidas asignadas entre los años 2022 y 2025.

En la ejecución del PDA participan 18 instituciones responsables de medidas según su ámbito de competencia, las que en general, cumplen con las actividades en términos de planificación, ejecución y reporte de cumplimiento. Se observó que los indicadores de cumplimiento definidos por las reparticiones responsables de la ejecución del PDA no siempre obedecen a las metas de descontaminación propuestas en Plan. Tales indicadores están ajustados a las capacidades y recursos disponibles en cada institución. De esta manera, es muy improbable que no sean cumplidos. Lo mismo ocurre con la fiscalización. Las campañas correspondientes son diseñadas sin aplicar criterios estadísticos y no existen estudios de su impacto en la conducta de la población.

Por otra parte, se observa que existe escaso análisis del resultado de la ejecución de medidas. Esto ocurre en medidas de prohibición, en donde los resultados de las fiscalizaciones no se encuentran sistematizados, ni son analizados para poder focalizar esfuerzos. O en medidas de fomento con aporte de recursos en donde no se realiza un seguimiento efectivo que permita determinar el impacto de la medida en el objetivo de reducir emisiones.

De la ejecución de medidas estructurales, el sector regulado mejoramiento de térmico de la vivienda es el que presenta un mayor grado de atraso en su implementación, específicamente en lo relacionado con el Subsidio de Mejoramiento térmico, el que al año 2021 lleva solo un 10% de la meta, esperándose a ese año al menos un 40%. El atraso en la implementación obedece principalmente a razones presupuestarias, falta de usuarios interesados en participar y falta de entidades técnicas que ejecuten la medida. En niveles similares de retraso se encuentra la medida de Recambio de Calefactores, que al año 2021 alcanzó un 14% de su ejecución, esperándose para ese año al menos el 40%, obediendo principalmente a razones presupuestarias.

Dentro de las medidas que se encuentran en incumplimiento al año 2021, la más relevante corresponde a la indicada en el artículo 14. "Exigencia de comercialización de leña seca", que debería haber entrado en vigencia el año 2020, pero no ha presentado avances por la no publicación de la ordenanza municipal que regule el mercado de leña y su calidad.

El análisis permite concluir que existe, en general, un atraso relevante en las medidas más determinantes para la reducción de emisiones en la zona saturada, esto es, recambio de calefactores, mejoramiento térmico de la vivienda y mejoramiento de la calidad de la leña. La aceleración en las tasas de implementación es condicionante para alcanzar las metas de reducción de emisiones para sacar del estado de saturación a la comuna de Valdivia. Para el resto de las medidas contenidas en el Plan, que tienen un menor impacto en la reducción de emisiones, en general, se ejecutan según los plazos determinados, sin embargo, lo que requiere de mejoras sustantivas es el seguimiento, fiscalización y análisis de efectividad.

- ii) Respecto al impacto en las emisiones, el sector combustión residencial, a partir de sus cjes estructurales, mejoramiento térmico de viviendas, recambio de calefactores y mejoramiento de la calidad de la leña, se constituye como el sector de mayor relevancia en la reducción de emisiones de MP2,5, producto de la implementación de PDA, siendo responsable 80,6% de las emisiones de MP2,5 reducidas al año 2021, respecto a un año base sin FDA. Luego, al interior del sector residencial las medidas de mayor impacto en esta reducción de emisiones de MP2,5 son el programa de recambio de calefactores (27,9%), el mejoramiento de la calidad de la leña (28,9%) y, el mejoramiento de calefactores particulares (24,4%). Si bien, la medida asociada a mejoramiento térmico de viviendas existentes presenta una estimación del 5,4% de aporte directo en la reducción de emisiones, es importante considerar que esta medida es un soporte para la efectiva implementación de los recambios de calefactores y su permanencia en el tiempo.

En la comuna de Valdivia, el sector residencial es el único que tiene incidencia significativa en la generación de emisiones de MP2,5, con el 95,4% de aporte al año 2021 [2], y que, en atención a las características que lo definen, es el único sector que tiene real potencial para contribuir a la disminución que permita alcanzar las metas de reducción requeridas en el PDA, por lo que las líneas de acción asociadas a la actualización del PDA deben concentrarse, necesariamente, en este sector.

Luego, deben priorizarse medidas referidas al programa de recambio de calefactores y educación ambiental, por su impacto directo en la reducción de emisiones, y medidas como el subsidio al mejoramiento térmico de viviendas, y el mejoramiento de la



calidad de la leña, que dan un soporte determinante para que las medidas con incidencia directa en la reducción de emisiones, renovación del parque de artefactos, y de buenas prácticas de uso, puedan sostenerse en el tiempo.

- iii) Respecto al impacto en las emisiones, el sector combustión residencial, a partir de sus ejes estructurales, mejoramiento térmico de viviendas, recambio de calefactores y mejoramiento de la calidad de la leña, se constituye como el sector de mayor relevancia en la reducción de emisiones de MP2,5, producto de la implementación del PDA, siendo responsable 80,6% de las emisiones de MP2,5 reducidas al año 2021, respecto a un año base sin PDA. Luego, al interior del sector residencial, las medidas de mayor impacto en esta reducción de emisiones de MP2,5 son el programa de recambio de calefactores (22,9%), el mejoramiento de la calidad de la leña (28,9%) y, el mejoramiento de calefactores particulares (24,4%). Si bien, la medida asociada al mejoramiento térmico de viviendas existentes presenta una estimación del 5,4% de aporte directo en la reducción de emisiones, es importante considerar que esta medida es un soporte para la efectiva implementación de los recambios de calefactores y su permanencia en el tiempo.
- iv) En relación a los aspectos presupuestarios, la disponibilidad suficiente, oportuna y equilibrada, de los recursos asignados a la implementación del PDA es determinante para alcanzar con éxito las metas de reducción de emisiones de MP2,5. En efecto, se ha identificado que es uno de los principales factores que ponen en riesgo la consecución de objetivos fijados, así, por ejemplo, la escases de recursos condicionó el avance oportuno en la implementación del programa de recambio de calefactores. Por otra parte, el desequilibrio en la asignación de recursos, observado en el financiamiento de medidas de bajo impacto (sector transporte), en desmedro de otras de mayor potencial de reducción de emisiones que no fueron debidamente atendidas o fortalecidas (educación, oferta de leña seca). Es determinante que en la actualización del PDA se incluya un programa presupuestario que cumpla estas condiciones, con un mecanismo que asegure su correcta ejecución año a año, cuando menos, para las líneas o medidas prioritarias.

Respecto a la evolución de la calidad del aire

- v) A través del análisis de la calidad del aire registrada en la estación de monitoreo oficial que cuenta con representatividad poblacional de la comuna de Valdivia se determinó el cumplimiento normativo respecto a MP10 y MP2,5, entre los años 2015 a 2021. En

el periodo evaluado se aprecia una disminución sostenida de las concentraciones de ambos contaminantes.

- vi) Respecto al cumplimiento normativo, el contaminante MP_{10} se concluye que la comuna de Valdivia se encuentra cumpliendo los niveles normativos establecidos en el D.S. N° 59/98 MINSEGPRES (7), además, sitúa a la comuna fuera de la zona de saturación y de latencia para este contaminante respecto a la norma anual y diaria. En relación al contaminante $MP_{2.5}$ el análisis de la norma diaria, en términos del P98 de las concentraciones de 24 horas concluye que la comuna de Valdivia se encuentra sobre los límites normativos establecidos en el D.S. N° 12/11 MMA (5). Además, se mantiene la condición de saturación de la comuna, como norma diaria. Con respecto a la evaluación de la norma anual para este contaminante en términos de promedio aritmético de tres años calendario consecutivos, se concluye que la comuna de Valdivia se encuentra sobre los límites normativos, manteniéndose a condición de saturación.
- vii) El análisis de las correlaciones entre la calidad de aire y las variables meteorológicas principales, y su evolución en el mismo periodo de evaluación, se puede observar una leve tendencia a que las condiciones se han presentado menos favorables para la calidad del aire y aun así, se observa una disminución de las concentraciones de $MP_{2.5}$, lo que evidencia que los índices de calidad del aire más favorables no obedecerían a las condiciones meteorológicas necesariamente, pudiendo atribuirse a efectos de la implementación de medidas del PDA Valdivia. Con lo que se concluye que el PDA tiene un efecto sobre la reducción de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2.5}$ según lo registrado en la estación de monitoreo.

Respecto a la propuesta de líneas de acción y priorización de medidas

- viii) Se analizó la pertinencia de actualizar el PDA Valdivia, para lo cual se concluye que es necesaria su actualización en términos de aumentar el horizonte de evaluación y en el fortalecimiento de las medidas contenidas actualmente en el PDA. El retraso que se arrastra en la implementación de medidas determinantes hace imposible que, en el horizonte de ejecución establecido inicialmente (año 2027), se puedan cumplir las metas de reducción de emisiones requeridas. Es necesario, ampliar el horizonte de ejecución, focalizar áreas de acción en el sector residencial, y redefinir las tasas de implementación anual para el cumplimiento de metas. Se propone además fortalecimiento de la componente en educación ambiental como eje transversal a todas las sectores regulados.
- ix) En términos generales, la evaluación técnica arroja los siguientes resultados:

- Existe un correcto diagnóstico del problema (contaminación atmosférica por MP2,5), en cuanto a sus causas y efectos y la consiguiente identificación de las líneas estructurales y el diseño de medidas es acertada, sin embargo, se deben introducir cambios que las hagan más eficientes y más efectivas, potenciando la sinergia entre medidas.
 - Respecto de las medidas estructurales asociadas al sector residencial, donde se concentra la mayor reducción de emisiones de MP2,5, esto es, el programa de recambio de calefactores a leña, el subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes, y la mayor penetración en el uso de leña seca, es en esta última donde se observa una mayor debilidad en diseño, ya que, si bien tiene un gran potencial de reducción de emisiones, no se han definido los mecanismos que permitan garantizar su oportuna implementación. Quedando el PDA sujeto a la implementación de una ordenanza municipal para la cual no se garantiza su publicación. La falta de regulación del PDA asociada a este sector puede quedar obsoleta mediante la entrada en vigencia de la Ley que Regula los Biocombustibles Sólidos, a partir de lo cual el Plan debe mejorar las medidas asociadas a fomento de la producción de leña seca, fiscalización y definición de metas de aporte de leña seca al mercado de la zona saturada.
 - Respecto al sector regulado de mejoramiento de la calidad de la leña, la actualización del PDA debe recoger la relevancia que a alcanzado el pellet como combustible en la comuna de Valdivia, impulsado por los programas de recambio de calefactores y el recambio particular, y debe generar los mecanismos necesarios para asegurar la oferta de este combustible sólido.
 - Se debe entender la educación ambiental como un eje transversal y fundamental en el cumplimiento de metas del PDA. El actual plan cuenta con el funcionamiento del CIEDS, para el cual se debe diseñar programas efectivos para relevar la temática de la calidad del aire en la comunidad. La experiencia observada indica que la extensión y alcance de las campañas de difusión son bajas, alcanzándose un 59% de desconocimiento del PDA en la ciudadanía
- x) Respecto a factores de riesgo y estrategias de largo plazo, se identificó que las líneas de acción con mayor riesgo para la implementación en el PDA, correspondería al Mejoramiento de la Calidad de la Leña. En efecto, mediante valoraciones cruzadas en una matriz de riesgo se logró establecer que las medidas asociadas a este sector concentraban los riesgos con mayor severidad, obteniendo el 100% la valoración de riesgo extremo. Se advierte además que la medida de recambio de calefactores posee una valoración alta de riesgo, asociada principalmente a la falta de financiamiento

garantizado, y un riesgo incipiente asociado al desinterés de los usuarios a la adopción de tecnologías como pellet por los queques de stock evidenciados en los últimos años. Por otra parte, el subsidio de mejoramiento térmico evidencia riesgos importantes en su implementación si no se atienden brechas presupuestarias y técnicas para su ejecución.

Conclusiones generales

- xii) La proyección de escenarios del cumplimiento del PDA Valdivia, indican que a la tasa de implementación actual de las medidas principales (recambio de calefactores, subsidios de mejoramiento térmico y calidad de leña) no se alcanzarán las metas de reducción de emisiones que permitan a la comuna salir del estado de saturación, para el año meta 2027 o en un horizonte ampliado como año meta 2030.

Se analizó un escenario de cumplimiento ideal de las medidas contenidas del PDA Valdivia, lo cual garantiza la reducción de emisiones al año 2027 que permitan salir del estado de saturación, sin embargo, esto supone una aceleración sustancial de la tasa de implementación lo que se evalúa como poco probable de acuerdo a la experiencia observada. Por lo tanto, se sugiere acelerar de manera conservadora la tasa de implementación y ampliar el horizonte de evaluación a año 2030 en donde se alcanzaría la reducción de emisiones necesarias para sacar del estado de saturación a la comuna de Valdivia.



9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] MMA, D.S. N°15/2017 Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Valdivia, 2017.
- [2] SICAM-Ingeniería, Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas para Valdivia año base 2021, Valdivia, 2022.
- [3] INE. CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 2017.
- [4] SICAM-Ingeniería, Estudio de Verificación y Caracterización de los niveles de cumplimiento de las prohibiciones al uso de calefactores en días de GEC en regiones desde O'Higgins hasta Aysen., 2017.
- [5] MMA, Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) PDA Valdivia, 2015.
- [6] SICAM-Ingeniería, Inventario de Emisiones Atmosféricas para Valdivia, año base 2013, 2014.
- [7] MINSEGPRES, D.S. N° 59/98 - Establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en Especial de los Valores que Definen Situaciones de Emergencia., 1998.
- [8] MMA, «D.S.N° 12/11 Establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Fino MP2,5,» 2011.
- [9] M. - M. S. G. d. I. Presidencia. D.S. N° 59/98 Establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en Especial de Los Valores que Definen Situaciones de Emergencia, 1998.
- [10] MINSEGPRES, IMPLANTACIÓN, MANTENCIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN EL SECTOR PÚBLICO, 2016.
- [11] M. D. ENERGÍA, LEY 21499. Que regula los biocombustibles Sólidos., 2022.

10 ANEXOS DIGITALES

- 10.1 ANEXO 1. BASE DE DATOS ESTADO IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA
- 10.2 ANEXO 2. MONITOREO RESULTADOS_MP2,5
- 10.3 ANEXO 3. MONITOREO RESULTADOS_MP10
- 10.4 ANEXO 4. FICHAS SERVICIOS



000491

VTA

