



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE LA REVISIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS

Diciembre de 2021

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de normas de calidad y de emisión, así como Planes de Prevención y/o Descontaminación ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad (D.S. N° 38/2012 del MMA) y en el Reglamento para la Dictación de Planes de Prevención y Descontaminación Ambientales (DS N° 39/2012 del MMA), se requiere de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta regulatoria, que sirva como apoyo al proceso de Participación Ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones, enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental (DEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de un Plan de Descontaminación, desde el desarrollo del Anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

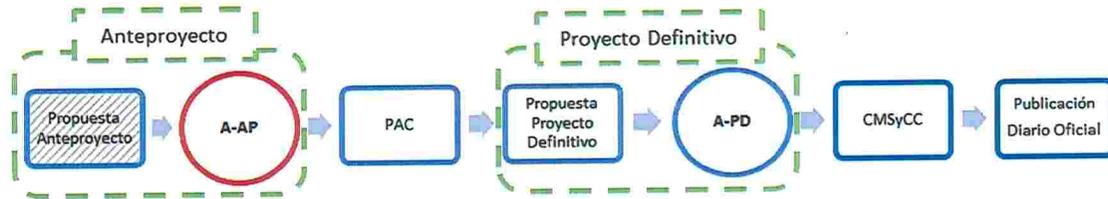
- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana,
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al CMS en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana (PAC), el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, no obstante, no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes pueden ser, por ejemplo, antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.



El presente documento corresponde a la evaluación de costos y beneficios del Anteproyecto A-AP (en rojo, Figura 1) de la revisión¹ del Plan de Descontaminación para las comunas de Temuco y Padre las casas, vigente desde el año 2015. Según la información que disponible por el MMA a la fecha de evaluación.

Figura 1: Etapa actual del proceso regulatorio y del AGIES



Fuente: Elaboración propia

Este análisis evalúa el cumplimiento de la norma diaria de $MP_{2.5}$ ($50 \mu g/m^3$), ya que se considera que el cumplimiento de esta norma, la cuál es la que genera una mayor dificultad de cumplimiento y supone el peor escenario de evaluación, asegura el cumplimiento de la norma anual de $MP_{2.5}$ y de las normas diarias y anuales de MP_{10} . Se estiman los beneficios valorizables producto de la reducción de casos de mortalidad y morbilidad en la población. El análisis incluye costos adicionales de medidas ya implementadas en el PDA del 2015² como, recambios de calefactores, reacondicionamientos térmicos y recambio de buses, y costos de nuevas medidas, como la prohibición de leña en viviendas nuevas. Esta información es sustancial para el proceso de Participación Ciudadana, donde la población debe hacer sus observaciones con la mejor información disponible del proceso.

Los resultados presentados corresponden a las medidas definidas a la fecha de cierre de este informe, las que podrían sufrir modificaciones en etapas posteriores, tales como Participación Ciudadana, Consejos Consultivos y Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

¹ Resolución Exenta N°727 del 6 de Agosto de 2020

² D.S N° 8 de 2015.

Resumen

El presente documento presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de la revisión del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) para las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Tiene como objetivo evaluar los costos y beneficios asociados a las medidas propuestas en el Anteproyecto dentro de un plazo de 10 años (2022-2031).

Mediante el Decreto Supremo N° 2 del 2013 del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró zona saturada por Material Particulado Fino, como concentración de 24 horas, a las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Esta declaración de zona saturada, de conformidad con el procedimiento y etapas señaladas en el artículo 44 de la ley 19.300 y en el D.S. N° 39 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, da origen a la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de Temuco y Padre Las Casas, establecido en el D.S. N°8 del Ministerio del Medio Ambiente.

Este PDA especifica en su artículo N° 79, que “Con el propósito de complementar en lo que sea necesario, los instrumentos y medidas, a fin de cumplir las metas de reducción de emisiones planteadas, se establece para la revisión y actualización del presente Decreto un plazo de 5 años desde la publicación del mismo en el diario Oficial” siendo los resultados a continuación presentados, los resultados de dicha evaluación.

El principal sector emisor es el residencial el cual se estima aporta cerca del 91% de las concentraciones de $MP_{2,5}$. Consecuentemente, las medidas propuestas en el Anteproyecto han sido reforzadas con énfasis en dicho sector mediante (i) el mejoramiento térmico de viviendas, (ii) el recambio por equipos de calefacción y cocción más eficientes y menos contaminantes y (iii) la prohibición de leña en viviendas nuevas. Por otra parte, se evalúan otras medidas ya implementadas en el D.S. N°8 de 2015 y que se mantienen en este nuevo Anteproyecto, como el proceso de recambio de buses por buses más eficientes.

Los resultados del AGIES indican que:

- Las medidas propuestas en el Anteproyecto permitirían cumplir tanto la norma diaria de $MP_{2,5}$ en el año 2031 como la norma anual el año 2023, ambas antes de finalizar el periodo de evaluación (2031)³ (Figura A y Figura B).
- La reducción de emisiones (Figura D) generará los siguientes beneficios: reducción de los casos de mortalidad, reducción de efectos en la salud humana con la consecuente disminución de costos en salud y reducciones en consumo de combustible para calefacción. Adicionalmente, la reducción de MP posee otros beneficios no cuantificados en este análisis como mejora en la visibilidad y disminución de efectos negativos en ecosistemas, entre otros.
- Los beneficios valorizados se estiman en US\$102 millones, para un horizonte de evaluación de 10 años⁴. Es importante destacar que la mayoría de estos beneficios

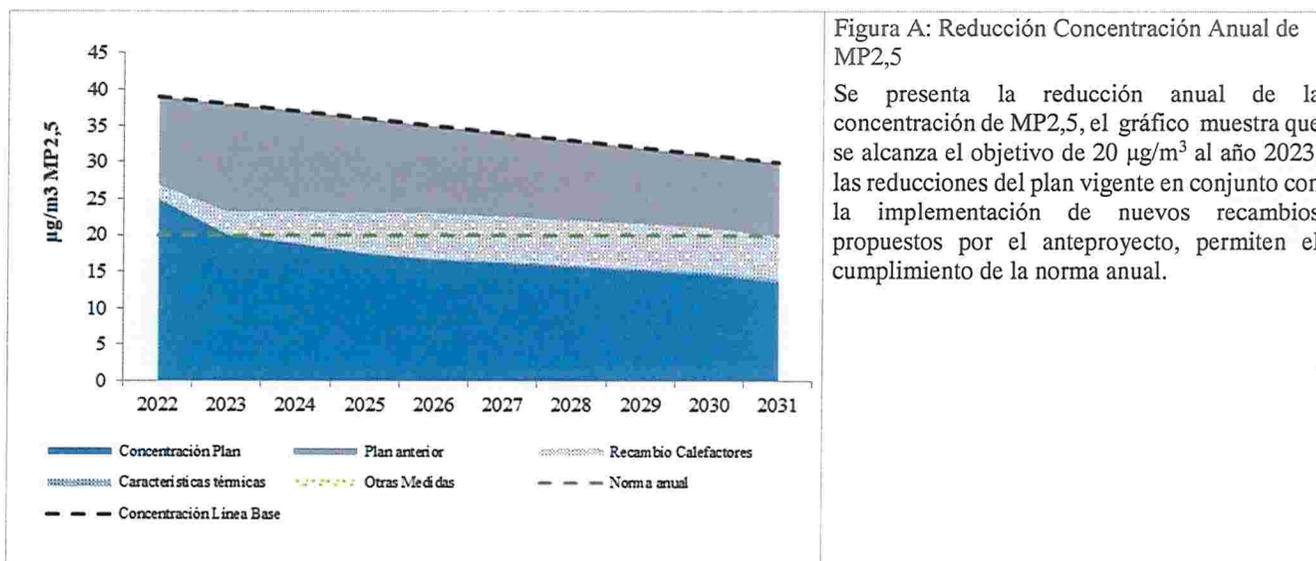
³ La norma de concentración anual de $MP_{2,5}$ se cumple en 2023 y concentración diaria de $MP_{2,5}$ se cumple en 2031.



(92%) son atribuibles a la disminución de casos de mortalidad (Figura C y Figura E).

- Los costos asociados a la implementación del Plan, considerando un horizonte de evaluación de 10 años, ascienden a US\$56 millones y corresponden a: reacondicionamiento térmico de viviendas, subsidios para el recambio de calefactores y recambio de buses. Un 40% de estos costos son asumidos por el Estado (Figura E).
- La valoración de los beneficios y costos adicionales del PDA indica que su implementación es altamente rentable desde la perspectiva social. Los beneficios netos⁵ en valor presente a 10 años se estiman en US\$ 46 millones, lo que constituye una razón beneficio-costo de 1,83 (Figura E).

Este análisis concluye que junto con permitir el cumplimiento de las normas vigentes del Estado de Chile, es consistente con los compromisos del Ministerio de Medio Ambiente al crear instrumentos que disminuyen la contaminación y promueven la equidad entre sus habitantes.



⁴ Supuestos generales. Valor de la vida estadística=10.850 UF al año 2002 (Iragüen y Ortúzar, 2004), proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población / Tasa de descuento=6% / Horizonte de evaluación=10 años / Tipo cambio dólar: 746CLP / Tipo cambio UF: 30.381 CLP.

⁵ Los beneficios netos corresponden a los beneficios menos los costos.

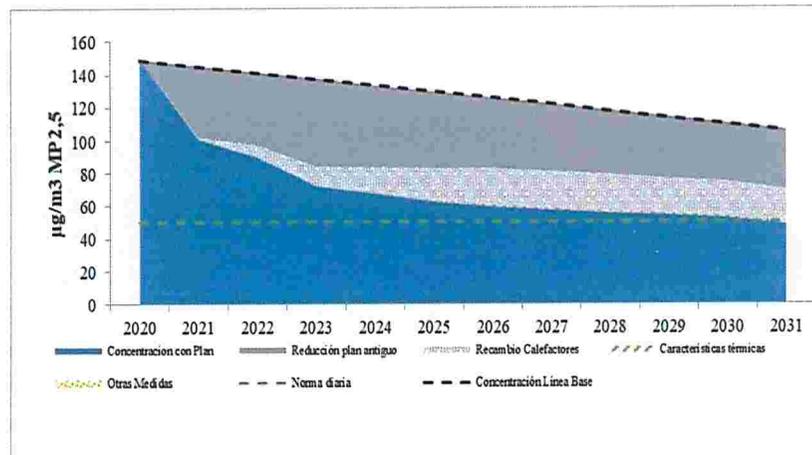


Figura B: Reducción concentración diaria MP_{2.5}.

La reducción de la concentración diaria para MP_{2.5} alcanza el objetivo propuesto por la norma de 50 µg/m³ en el año 2031. El conjunto de medidas con mayor reducción corresponden al recambio de calefactores que utilizan leña como combustible por calefactores a pellet (98%) y el reacondicionamiento térmico de las viviendas (1%), el resto de las medidas presentan una reducción menores 0,1% aprox. Estas medidas, en conjunto con las medidas provenientes del plan vigente alcanzarán una concentración del aire estimada de 48.24µg/m³ para la norma diaria.

	N° casos evitados (2031)	IC al 90%	N° Casos evitados 2022-2031	IC al 90%
Mortalidad	34	[22 - 50]	289	[184 - 426]
AH- Asma	2	[2 - 3]	17	[13 - 22]
AH- Cardiovascular	14	[11 - 17]	116	[89 - 143]
AH- Respiratorias crónicas	2	[-1 - 5]	19	[-8 - 45]
AH- Neumonía	6	[2 - 9]	47	[20 - 73]
VSE: Asma	1.257	[411 - 2104]	10.620	[3472 - 17768]

Figura C: Casos evitados año 2031 y totalidad el Plan (2022-2031)

Número de casos evitados durante el año 2031, y para todo el período de implementación del plan (2022-2031), atribuibles a la reducción de contaminantes atmosféricos, para el percentil 50 y sus intervalos de confianza (IC) al 10%.

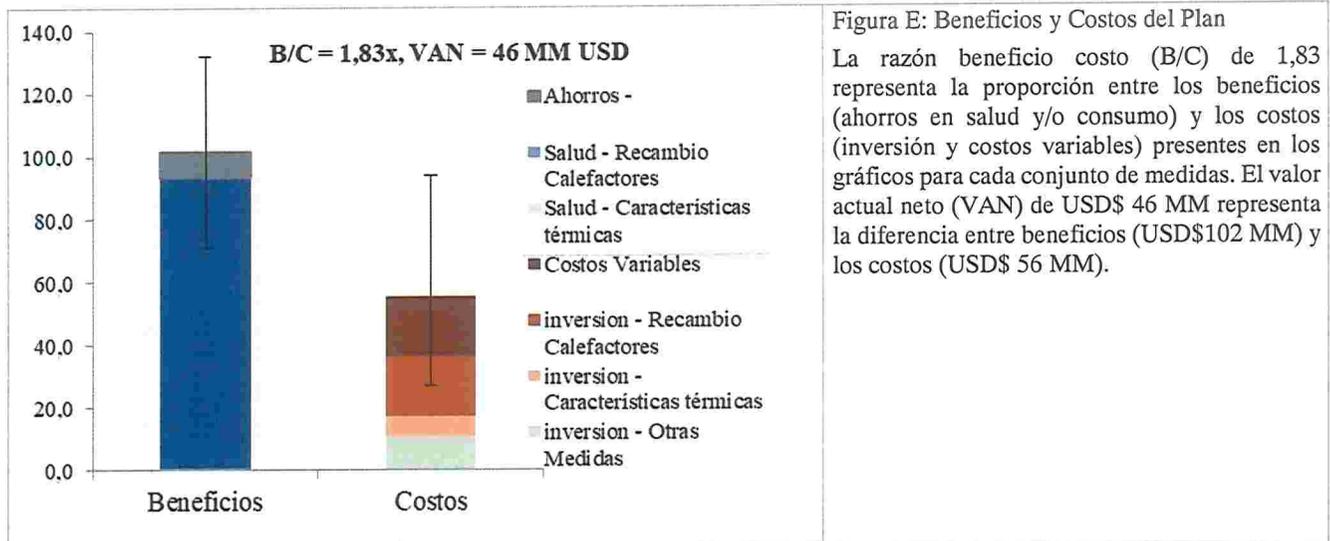
AH = Admisiones hospitalarias

VSE = Visitas sala de emergencias

Sector del inventario	Línea Base 2031		Δ Línea Base 2031		Reducción Porcentual	
	Emisiones [Ton/año]	Concentración [µg/m ³ /año]	Emisiones [Ton/año]	Concentración [µg/m ³ /año]	Δ% Emisiones	Δ% Conc.
Residencial	2.451	26,4	583,3	6	24%	24%
Quemas	101	1,1	0	0	0%	0%
Industria	133	1,4	0	0	0%	0%
Transporte	86	0,9	0,7	0,008	1%	1%
TOTAL	2.771	30	584	6,3	21%	21%

Figura D: Reducciones estimadas por sector del inventario.

La reducción en emisiones o concentraciones se representa mediante el símbolo Δ. La reducción porcentual por sector es la disminución en emisión para cada sector respecto de su emisión de línea base, expresada en forma porcentual. La reducción total corresponde al porcentaje de emisiones reducidas para cada sector respecto de la emisión total reducida.





ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	8
1.1 MEDIDAS EVALUADAS.....	8
1.2 ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN BASE.....	9
1.3 CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS.....	11
1.4 INVENTARIO DE EMISIONES.....	12
2. METODOLOGÍA DEL AGIES.....	12
2.1 ASIGNACIÓN DE REDUCCIÓN ENTRE PLANES.....	15
2.2 METODOLOGÍA SECTOR RESIDENCIAL.....	16
2.3 SINERGIAS DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.....	17
2.4 BENEFICIOS EN SALUD.....	18
2.5 EVALUACIÓN DE COSTOS.....	20
3. RESULTADOS.....	21
3.1 EFECTOS EN CALIDAD DEL AIRE.....	21
3.2 REDUCCIÓN DE EMISIONES Y DE CONCENTRACIONES.....	23
3.3 REDUCCIÓN DE EFECTOS A LA SALUD: CASOS EVITADOS.....	24
3.4 INDICADORES ECONÓMICOS.....	25
3.4.1 Costo eficiencia de las medidas del PDA.....	25
3.4.2 Análisis Costo-Beneficio.....	26
4. CONCLUSIONES.....	28
5. REFERENCIAS.....	30
6. ANEXOS.....	32
6.1 RESULTADOS POR MEDIDA.....	32
6.2 FICHAS DE MEDIDAS.....	33
6.2.1 Recambio de Calefactores.....	33
6.2.2 Reacondicionamiento térmico.....	34
6.2.3 Prohibición leña en viviendas Nuevas.....	35
6.2.4 Recambio de Buses.....	35
6.3 VALORES UNITARIOS DE BENEFICIOS.....	36
6.4 COEFICIENTES DE RIESGO UNITARIO.....	36
6.5 FICHA DE ELABORACIÓN DEL AGIES.....	37



1. Antecedentes

Mediante el Decreto Supremo N° 2 de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró Zona Saturada⁶ por Material Particulado Fino⁷, como concentración de 24 horas, a las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Esta declaración de zona saturada, de conformidad con el procedimiento y etapas señaladas en el artículo de la ley 19.300 y en el decreto supremo N° 39 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, da origen a la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica⁸ de Temuco y Padre Las Casas.

En el año 2015 mediante el D.S. N°8 del Ministerio del Medio Ambiente, es publicado el “Plan de Descontaminación Atmosférica por MP_{2,5}, para las comunas de Temuco y Padre Las Casas y de actualización del Plan de Descontaminación por MP₁₀, para las mismas comunas”, el cuál se encuentra vigente hasta la fecha.

Este PDA especifica en su artículo N° 79, que “Con el propósito de complementar en lo que sea necesario, los instrumentos y medidas, a fin de cumplir las metas de reducción de emisiones planteadas, se establece para la revisión y actualización del presente Decreto un plazo de 5 años desde la publicación del mismo en el diario Oficial” siendo este documento la evaluación de la actualización de dicho plan.

A continuación se presentarán los antecedentes de las nuevas propuestas que la revisión del plan plantea. Considerando una ampliación en el plazo del plan, por 10 años, por esta razón este análisis comprende un plazo entre los años 2022 al 2031. Y en donde se esperadar cumplimiento a la norma por MP_{2,5} y MP₁₀, diaria y anual⁹.

1.1 Medidas evaluadas.

Las modificaciones en las medidas propuestas en el AP de la revisión del PDA respecto del PD del 2015, se resumen en la siguiente tabla.

⁶ Zona Saturada: Aquella en la que una o más normas de calidad ambiental se encuentra superada.

⁷ La normativa para MP_{2,5} corresponde al D.S. 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece una concentración anual máxima permitida de 20 µg/m³ y una concentración diaria de 50 µg/m³.

⁸ Plan de Descontaminación es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada.

⁹ Se asume como supuesto de evaluación, que la norma diaria de MP_{2,5} es la mas restrictiva, por consiguiente la evaluación centra su análisis en el cumplimiento de esta métrica, puesto que supondrá el cumplimiento de la norma anual y de las norma de MP₁₀.



Tabla 1: Medidas con cambios propuestas evaluadas por el AGIES.

Medida	PD 2015	AP 2021
Recambio de Calefactores	Artículo 26: se implementará un programa de recambio de calefactores y cocinas a leña, de al menos 27.000 calefactores, hasta el término de la vigencia de este decreto.	Artículo 21: se implementará un programa de recambio de calefactores y cocinas a leña, de al menos 45.000 calefactores, hasta el término de la vigencia de este decreto ¹⁰ .
Reacondicionamiento Térmico de viviendas.	Artículo 29: Se implementarán al menos 40.000 subsidios de acondicionamiento térmico, hasta el término de la vigencia de este decreto.	Artículo 26: Se implementarán al menos 45.000 subsidios de acondicionamiento térmico, hasta el término de la vigencia de este decreto ¹¹ .
Prohibición de uso de leña en viviendas nuevas	No existe.	Artículo 16: se prohibirá el uso de calefactores que utilicen leña como combustible en viviendas nuevas.
Recambio de buses	Artículo 54: A través del programa del programa de recambio de buses del transporte público, recambiará 500 buses en un período de 5 años.	Artículo 50: A través del programa de recambio de buses del transporte público, recambiará 200 buses adicionales a los establecidos en el PDA 2015, en un período de 5 años.

Fuente: Elaboración propia

1.2 Actualización de información base.

Para la evaluación del presente AGIES se ha realizado una actualización de información base para la estimación de emisiones, concentraciones, reducciones y costos. Esta actualización de información no afecta a la estructura metodológica para la estimación de los resultados. A continuación se detallarán cada una de las actualizaciones de información realizadas.

¹⁰ El número de recambios evaluado está representado por la diferencia entre los valores propuestos en el AP del 2021 (45.000) menos los valores propuestos en el PD de 2015 (27.000), esto es 18.000 recambios adicionales.

¹¹ El número de reacondicionamientos evaluado está representado por la diferencia entre los valores propuestos en el AP del 2021 (45.000) menos los valores propuestos en el PD de 2015 (40.000), esto es 5.000 subsidios térmicos adicionales.



Información actualizada	Descripción																																				
Proyección de la población	Mediante datos del CENSO de 2017 y sus proyecciones para los años 2002 al 2035 elaborados por el INE, se actualizaron los valores para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.																																				
Factores de Emisión, Calefactores.	<p>De acuerdo a la información levantada por el estudio “Actualización del inventario de emisiones atmosféricas para las comunas de Temuco y Padre Las Casas, para el año 2017”. Se actualizaron los Factores de Emisión (FE) de los calefactores empleados en la estimación de los resultados del AGIES. Dichos FE se presentan en Tabla 2:</p> <p style="text-align: center;">Tabla 2: FE para calefactores en g/kg Leña.</p> <table border="1" data-bbox="621 688 1312 1157"> <thead> <tr> <th>Tipo de Calefactor</th> <th>MP₁₀</th> <th>MP_{2,5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chimenea</td> <td>10,1</td> <td>9,4</td> </tr> <tr> <td>Salamandra</td> <td>12,7</td> <td>11,8</td> </tr> <tr> <td>Combustion Simple</td> <td>6,2</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>Doble Camara Basica</td> <td>5,2</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>Doble Combustion 5 g/h</td> <td>3,5</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>Doble Combustion 3 g/h</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Doble Combustion 2.5 g/h</td> <td>2,0</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Doble Combustion Mejorada 2 g/h</td> <td>1,0</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Doble Combustion Mejorada 1.5 g/h</td> <td>1,0</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Pellets</td> <td>1,9</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Cocina a Leña</td> <td>7,5</td> <td>7,0</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Fuente:elaboración Propia</p>	Tipo de Calefactor	MP ₁₀	MP _{2,5}	Chimenea	10,1	9,4	Salamandra	12,7	11,8	Combustion Simple	6,2	5,2	Doble Camara Basica	5,2	4,9	Doble Combustion 5 g/h	3,5	3,5	Doble Combustion 3 g/h	2,5	2,5	Doble Combustion 2.5 g/h	2,0	1,8	Doble Combustion Mejorada 2 g/h	1,0	1,0	Doble Combustion Mejorada 1.5 g/h	1,0	1,0	Pellets	1,9	1,8	Cocina a Leña	7,5	7,0
Tipo de Calefactor	MP ₁₀	MP _{2,5}																																			
Chimenea	10,1	9,4																																			
Salamandra	12,7	11,8																																			
Combustion Simple	6,2	5,2																																			
Doble Camara Basica	5,2	4,9																																			
Doble Combustion 5 g/h	3,5	3,5																																			
Doble Combustion 3 g/h	2,5	2,5																																			
Doble Combustion 2.5 g/h	2,0	1,8																																			
Doble Combustion Mejorada 2 g/h	1,0	1,0																																			
Doble Combustion Mejorada 1.5 g/h	1,0	1,0																																			
Pellets	1,9	1,8																																			
Cocina a Leña	7,5	7,0																																			
Recambios de calefactores de línea base	<p>La Tabla 3 presenta los recambios de línea base realizados. Se considera como línea de base, los recambios de calefactores realizados por el programa de recambio de calefactores en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.</p> <p style="text-align: center;">Tabla 3: N° de recambios realizado por el programa de recambio de calefactores el PDA.</p> <table border="1" data-bbox="761 1436 1227 1707"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>N° Recambios</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>574</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>1.686</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>1.538</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>1.405</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>3.066</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>3.048</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Fuente: Elaboración propia, en base a información entregada por SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía.</p> <p>Adicionalmente, todos los recambios no realizados a la fecha y que son parte del PDA de 2015, serán contabilizados</p>	Año	N° Recambios	2015	574	2016	1.686	2017	1.538	2018	1.405	2019	3.066	2020	3.048																						
Año	N° Recambios																																				
2015	574																																				
2016	1.686																																				
2017	1.538																																				
2018	1.405																																				
2019	3.066																																				
2020	3.048																																				



	como reducciones del plan vigente, hasta el año 2025.														
Reacondicionamientos térmicos de línea base	<p>Se incorporan como parte de la línea base comprendida entre los años 2015 y 2020, los reacondicionamientos térmicos realizados por MINVU. La Tabla 4, presenta el número de reacondicionamientos realizados en contexto del PDA vigente y empleados como línea base.</p> <p>Tabla 4: N° de reacondicionamientos térmicos efectuados en Temuco y Padre Las Casas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>N° de Reacondicionamientos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>2.107</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>3.460</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>5.273</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>2.463</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>3.442</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>2.541</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: Elaboración propia, en base a datos SEREMI de Vivienda y Urbanismo, región de la Araucanía.</p> <p>Adicionalmente, todos los reacondicionamientos no realizados a la fecha y que son parte del PDA de 2015, serán contabilizados como reducciones del plan vigente, hasta el año 2025.</p>	Año	N° de Reacondicionamientos	2015	2.107	2016	3.460	2017	5.273	2018	2.463	2019	3.442	2020	2.541
Año	N° de Reacondicionamientos														
2015	2.107														
2016	3.460														
2017	5.273														
2018	2.463														
2019	3.442														
2020	2.541														
Transporte	Se incorpora el número de vehículos hasta el año 2020, según información entregada por la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.														
Industria	Se actualizan las emisiones industriales, incorporando aquellas fuentes nuevas hasta el año 2020 y eliminando aquellas fuentes fuera de funcionamiento. Según información entregada por al SEREMI del Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.														

1.3 Concentraciones atmosféricas.

En la Tabla 5 se presenta una comparación de las concentraciones utilizadas para la modelación entre el Proyecto Definitivo el 2015 (PD 2015) y el Anteproyecto propuesto (AP 2021). Estos valores son utilizados como información de línea base y para los cuales se calcula la reducción en concentración de las medidas y el cumplimiento del plan. Los criterios utilizados para la elección del valor corresponde a la data coincidente en su temporalidad con la elaboración de los inventarios de emisión, y representar el escenario de mayor concentración de las estaciones con mediciones en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, por consiguiente, es el escenario de mayor dificultad para su cumplimiento.

Tabla 5: Concentraciones ug/m³ utilizadas en la modelación.

Documento	Medida	MP _{2.5}	Criterio
PD 2015	Diaria	209	Percentil 98 para los datos de concentración del año 2009, estación Las Encinas.
AP 2021	Diaria	149	Percentil 98 para los datos de concentración del año 2020, estación Padre Las Casas.

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Inventario de Emisiones.

La Tabla 6 presenta las emisiones estimadas a partir de la metodología y modelo utilizado para la elaboración del AGIES, para los distintos sectores de la zona estudiada, para el año 2020. El mayor aporte lo genera el sector residencial, con un 89% de aporte a las emisiones de MP_{2,5}, producto principalmente del uso de la biomasa en calefacción.

Tabla 6 : Inventario de emisión ton/año base calculadas para MP_{2.5} en el modelo costo-beneficio para el año 2020.

Sector del Inventario	MP ₁₀	MP ₂₅	SO _x	NO _x	NH ₃
Area - Residencial	3.647	3.301	45	697	353
Area - Quemadas	142	101	40	75	1.324
Puntual - Industria	163	133	589	870	0
Moviles - En Ruta	101	86	25	1.988	88
Total	4.053	3.621	699	3.630	1.765

Fuente: Elaboración Propia.

2. Metodología del AGIES

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Boardman *et al.*, 2006; Hanley and Spash, 1993; Layard and Glaister, 1994). La reducción de emisiones asociadas a Planes de Prevención o de Descontaminación Ambiental tiene efectos medioambientales, económicos y sociales que se resumen en beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado, tópicos que serán abordados a continuación¹².

¹² Para mayor detalle de la metodología utilizada, referirse a la sección 7.5 del presente informe.



En primer lugar, es importante especificar que, al tratarse de la revisión de un PDA, la línea base considera las medidas ya implementadas por el plan que se encuentra en vigencia, y adicionalmente considera que, el cumplimiento de las metas de ese plan serán independientes en cuanto a la evaluación de costos y beneficios respecto de las medidas adicionales impulsadas por este nuevo PDA. Así podemos especificar que, esta evaluación solo considera respecto del PDA del 2015, costos y beneficios respecto del i) adicional de recambio de calefactores, ii) adicional de reacondicionamientos térmicos, iii) adicional de recambio de buses, y todas las nuevas medidas evaluables que sean incorporadas.

Las reducciones de emisiones son atribuibles a las medidas definidas en el Anteproyecto, las cuales afectan heterogéneamente a los distintos sectores involucrados, siendo de especial relevancia las aplicadas al sector residencial. En este caso, se consideraron las sinergias que genera la implementación de dichas medidas de manera secuencial¹³, evitando así sobredimensionar la reducción de emisiones y evaluar la efectividad de cada una de las medidas de forma realista. Mayor detalle ver la Sección 2.3.

El AGIES es elaborado mediante una secuencia de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las emisiones de línea base con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados de la regulación. Por ello, el modelo integra una sección de emisiones, un modelo de emisión-calidad, modelo de concentración-respuesta basado en estudios epidemiológicos¹⁴ y un modelo económico de valorización de los beneficios. Paralelamente se integra información sobre costos de las medidas que pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 2). Szklo and Nieto (2014)

Los beneficios valorizados de las medidas del plan corresponden a impactos en la salud de la población expuesta debido a la disminución de concentración ambiental de MP_{2,5} producto de la reducción de emisiones de las fuentes reguladas. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida. Adicionalmente se valoran los beneficios por ahorros en el uso de combustible destinado a calefacción debido a medidas que mejoran la eficiencia o reducen la demanda del mismo.

¹³ Por ejemplo, si dos medidas con eficiencias del 70% y 80% son aplicadas sobre una misma fuente emisora, el orden que implemente la medida afecta la efectividad de cada una de ellas, no así el valor de la reducción total de emisiones, que en este caso correspondería a $1 - (1-0,7) \cdot (1-0,8) = 0,94$.

¹⁴ Epidemiología se define como el estudio de la distribución y determinantes de estados de salud o eventos en poblaciones determinadas y la aplicación de este estudio para controlar los problemas de salud. Fuente: Szklo, M. and F. J. Nieto (2014). *Epidemiology: beyond the basics*, Jones & Bartlett Publishers.



Finalmente es importante recalcar que los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisiones mediante el uso de la metodología aquí planteada, sin embargo, no debe ser considerada como el único criterio para la aprobación de una política pública (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996). Ésta debe tener una visión integral que incorpore otras variables tales como el riesgo de la población expuesta¹⁶, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras¹⁷.

2.1 Asignación de reducción entre planes

Tabla 7. Asignación porcentual entre versiones de PDA, considerando medidas vigentes

Medida	Plan	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Recambio de calefactores	Anterior	100%	100%	83%	74%	69%	65%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
	Nuevo	0%	0%	17%	26%	31%	35%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
VE-Reacondicionamiento térmico	Anterior	100%	100%	100%	100%	100%	97%	93%	90%	88%	85%	82%	80%
	Nuevo	0%	0%	0%	0%	0%	3%	7%	10%	12%	15%	18%	20%
Prohibición de leña en viviendas nuevas	Anterior	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Nuevo	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Recambio de buses	Anterior	100%	100%	93%	86%	81%	76%	71%	71%	71%	71%	71%	71%
	Nuevo	0%	0%	7%	14%	19%	24%	29%	29%	29%	29%	29%	29%

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar la reducción de emisiones producto del Plan anterior (Plan vigente de MP_{2,5}), se realizó la distribución presentada en la Tabla 7, la cual indica que porcentaje de la reducción de cada medida se asigna al plan vigente y al plan nuevo, el cual se está evaluando en este AGIES.

Las medidas son distribuidas entre el plan vigente y el plan nuevo, según la cantidad de recambios o reacondicionamientos realizados por cada uno de los planes al año evaluado. Por otra parte la medida de prohibición de leña en viviendas nuevas, ha sido atribuida en un 100% al nuevo plan, debido a que es una medida que no está contemplada en el plan vigente.

¹⁶ En este caso particular de un PDA, el riesgo en salud está dado de manera implícita con la norma de calidad ambiental de MP₁₀ y MP_{2,5}, la cual debe cumplirse en todo el territorio nacional.

¹⁷ D.S. N°38 y D.S. N°39/2012 del MMA incorporan, entre otras cosas, la generación de comités, la Participación Ciudadana y el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad los cuales intentan incorporar los aspectos mencionados.

2.2 Metodología sector residencial

La estimación de emisiones por calefacción para el sector residencial se estima de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Emisiones = \sum_j \sum_i \frac{Demanda\ de\ calor \cdot FE_i}{PC_j \cdot \eta_i}$$

Dónde:

Emisiones: Emisiones [gr/año]

η_i : Eficiencia de calefacción del equipo tecnología i

FE_i : Factor de emisión equipo tecnología i, [gr/kg]

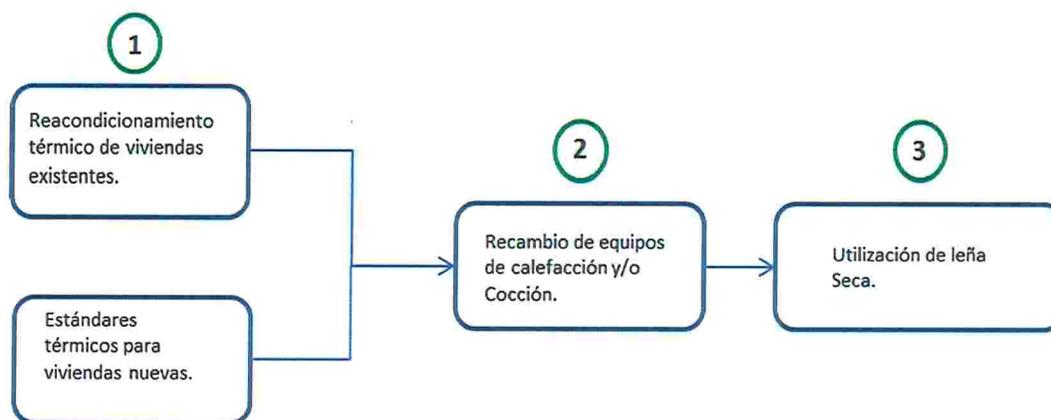
Demanda de calor: Demanda de calor de la vivienda j [MJ/vivienda-año]

PC_j : Poder calorífico del combustible utilizado por tecnología j [MJ/kg]

La reducción de emisiones¹⁸ corresponde a las emisiones finales menos las iniciales. Las emisiones finales consideran una mejora en el factor de emisión y eficiencia de los equipos, además de un incremento en el poder calorífico del combustible utilizado. La medida de confort térmico de las personas se mantiene constante.

En este sector, la estimación de la reducción de emisiones debe considerar que las medidas presentan interacciones, por lo que no pueden ser evaluadas independientemente sino que en forma secuencial. La Figura 3 muestra la metodología descrita que se implementa con el fin de evitar sobreestimar la reducción de emisiones en el sector.

Figura 3: Interacción medidas sector residencial.



Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a los costos, estos consideran la inversión anualizada y la diferencia en los costos de operación debido al cambio de tecnología y/o combustible para calefacción. Los costos de fiscalización no se desagregarán a nivel de medidas específicas, ya que los diferentes servicios informan sólo costos agregados.

¹⁸ O emisiones evitadas dado que son las emisiones que no se emitirán en el escenario con Plan.

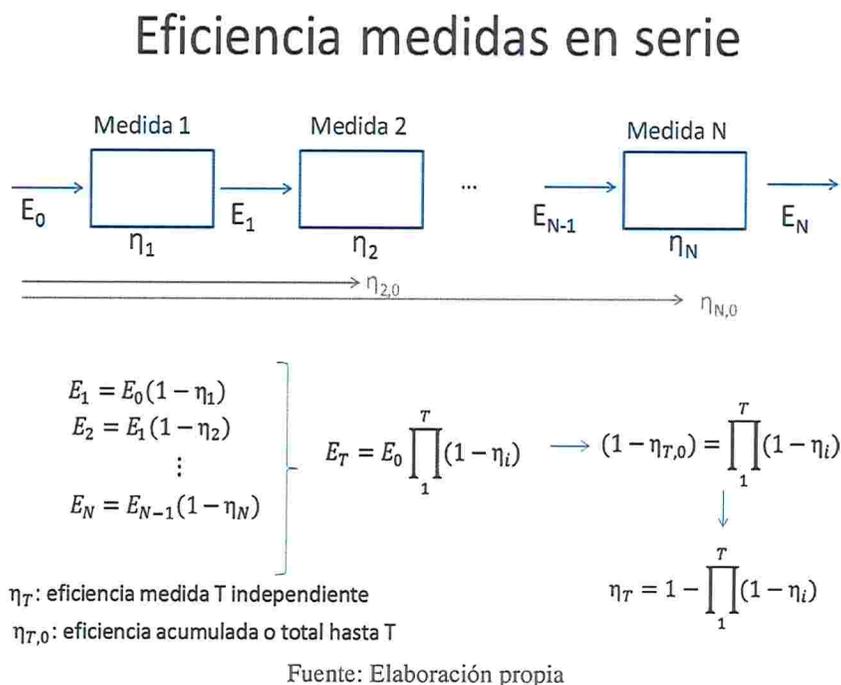
La metodología para la estimación de beneficios en salud asociados a la disminución de concentración de MP_{10} y $MP_{2.5}$ se detalla en la sección 2.4.

2.3 Sinergias de medidas de reducción de emisiones

Se consideraron los efectos combinados o sinergias que poseen las medidas del PDA, tanto en la reducción de emisiones como en los costos variables en combustible del sector residencial, fuente emisora con múltiples medidas que la afectan, De otro modo, se estaría haciendo un doble conteo tanto en reducción de emisiones como en costos.

La Figura 4 explica en forma simple cómo fue abordado este tema en la evaluación, en ella se explicita que la eficiencia final de dos medidas que son aplicadas a una misma fuente emisora es la combinación de las eficiencias en su conjunto según la fórmula matemática señalada y con ello, se evita la sobre estimación de reducción de emisiones y de los costos que también dependen de ellas.

Figura 4: Diagrama conceptual de medidas aplicadas en serie para considerar sinergias entre ellas.



Un ejemplo de las medidas sinérgicas corresponden a la implementación de reacondicionamiento térmico en una vivienda en conjunto con el recambio por un calefactor de mayor eficiencia, ambas medidas lograrán un mayor grado de confort térmico a una menor demanda de combustible, por ende reducirán sus emisiones en una



cantidad mayor que el reacondicionamiento térmico por si solo, o un recambio de calefactores por si solo.

2.4 Beneficios en salud

La Tabla 8 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 8: Beneficios identificados derivados de la reducción de emisiones

Identificados	Valorizados
↓ Mortalidad prematura (MP)	Sí
↓ Morbilidad (MP, SO ₂)	Sí
↓ Productividad perdida (MP, SO ₂)	Sí
↓ Actividad restringida (MP)	Sí
↑ Visibilidad (MP)	No
↓ Corrosión materiales (SO ₂)	No
↑ Producción agrícola (MP, SO ₂)	No
↓ Efectos en ecosistemas (SO ₂)	No
↑ Imagen país (recomendaciones OCDE)	No
↓ Depósito de contaminantes (MP, SO ₂)	No
↓ Efectos en la salud en otras comuna (MP)	No
↑ Cobeneficios en reducción de <i>Black Carbon</i> (MP)	No

Fuente: Elaboración propia,

Los beneficios en salud derivan de cambios en concentraciones de Material Particulado fino (MP_{2,5}). Para estimar el cambio en la concentración de MP_{2,5} con respecto a un cambio en la emisión de un determinado contaminante (NO_x, COVs, SO_x, y MP), se debe estimar el factor de emisión-concentración o FEC para cada zona geográfica. EIFEC indica las toneladas necesarias de contaminante para aumentar en 1 µg/m³ el promedio anual de concentración de MP. Los FEC utilizados en la evaluación fueron determinados usando modelos del tipo *rollback* simple (Noel de Nevers and J. Roger Morris 1975; T. Y. Chang 1975), relacionando emisiones con concentraciones:

$$FEC_p = \left(\frac{\partial C_p}{\partial E_p} \right)^{-1} \approx \frac{E_p}{C_p}$$

Dónde:

FEC_p : Factor emisión concentración para contaminante p, [(ton/año)/(µg/m³)],

C_p : Concentración ambiental del contaminante p, [µg/m³],

E_p : Emisión del contaminante p [ton/año],



A partir de la fracción de componentes elementales del MP y la relación de éstos con los contaminantes emitidos por las fuentes se obtienen los factores emisión-concentración, tal como se indica a continuación:

$$FEC_p = \frac{E_p}{CT_{MP_i} \cdot F_{MP_i,p}}$$

Donde:

CT_{MP_i} : Concentración ambiental total de MP_{10} o $MP_{2.5}$, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

$F_{MP_i,p}$: Fracción del componente elemental p en el MP

Una vez obtenidos estos, el cambio en la concentración de un contaminante p, en este caso $MP_{2.5}$; se estima como:

$$\Delta C_{MP_{2.5}} = \sum_i \frac{\Delta E_i}{FEC_i}$$

Donde el subíndice i corresponde a $MP_{2.5}$ (primario), NO_x , $COVs$ y SO_x (precursores de $MP_{2.5}$ secundario).

Para el presente plan de descontaminación, dada la baja importancia de los precursores de $MP_{2.5}$ comparada con las emisiones directas, estas no se consideran en la estimación del FEC, el cual fue calculado con respecto a las emisiones y concentración del año 2020, obteniéndose un valor de 0,00748 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ton.

Finalmente, el cambio en concentraciones ambientales se relaciona con el cambio en el número de eventos a través de la utilización de funciones dosis respuesta:

$$\Delta \text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj} \Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot Y_{0j}$$

Donde:

$\Delta \text{Efecto}_{pj}$: Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$]

β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$]

ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

P_{ijp} : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]

Y_{0j} : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]



Al linealizar¹⁹ la expresión anterior se obtiene:

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot Y_{0j}$$

Esto implica que para la evaluación se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud.

Finalmente, el beneficio se obtiene multiplicando el número de casos por la valoración asociada de padecer uno de los efectos valorados, tal como se señala a continuación:

$$\text{Beneficio}_p = \sum_j \Delta\text{Efecto}_{pj} \cdot \text{VU}_j$$

Donde:

Beneficio_p: Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso MP_{2.5}

VU_j: Valoración unitaria de cada efecto j evaluado [UF/caso]

El detalle de la metodología utilizada se encuentra en “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA 2011).

2.5 Evaluación de costos

Los costos evaluados corresponden al costo incremental de las medidas respecto del escenario base, esto es, considerando normativas previas vigentes a nivel nacional o en la zona de aplicación de las medidas, tales como el PDA del año 2015.

Debido a las diferentes vidas útiles de las inversiones necesarias para dar cumplimiento al plan, se anualizan los costos para una adecuada comparación de estos con los beneficios asociados a salud y a ahorro de combustibles.

La tasa de descuento utilizada en la evaluación es de 6%, según se recomienda para proyectos sociales (MIDEPLAN 2011).

Se considera la inversión anualizada de acuerdo a su vida útil y los costos de operación y mantención. Los diferentes flujos de costos asociados a las diferentes medidas son llevados a valor presente. A su vez, el valor presente de los costos corresponde a la sumatoria del costo medio de las medidas multiplicado por la reducción de emisiones asociada para cada periodo.

¹⁹ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.



$$VP\ CT = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \left(\frac{Inversión_{m,t}}{(1+r)^t} \cdot \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \frac{Costos\ OyM_{m,t}}{(1+r)^t} \right) = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \frac{CMe_{m,t} \cdot Red_{m,t}}{(1+r)^t}$$

Donde:

- VP CT: Valor presente de los Costos Totales realizadas un horizonte de T años, para todas las medidas [\\$].
- Inversión_{m,t}: Inversión de la medida m realizada en el año t [\\$].
- Costos OyM_t: Costos de Operación y Mantenimiento realizados en el año t [\$/año].
- CMe_m: Costo Medio de la medida m $\left[\frac{\$}{\text{ton de p}} \right]$ o $\left[\frac{\$}{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ de p}} \right]$.
- Red_p: Reducción del contaminante p de la medida m en $\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ p} \right]$.
- r: Tasa de descuento utilizada.
- n: Vida útil de la inversión [años].
- T: Horizonte de Evaluación de las medidas [años].

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las medidas evaluadas para la reducción de la concentración atmosférica. También se calculan los costos y beneficios en salud asociados a la reducción de la concentración atmosférica por MP_{2,5}, según la metodología detallada anteriormente.

3.1 Efectos en Calidad del Aire

La implementación de las medidas se estima a partir del año 2022, y por ende el plan comprenderá un periodo de 10 años (2022-2031), considerando años calendario (1 de enero a 31 de diciembre).

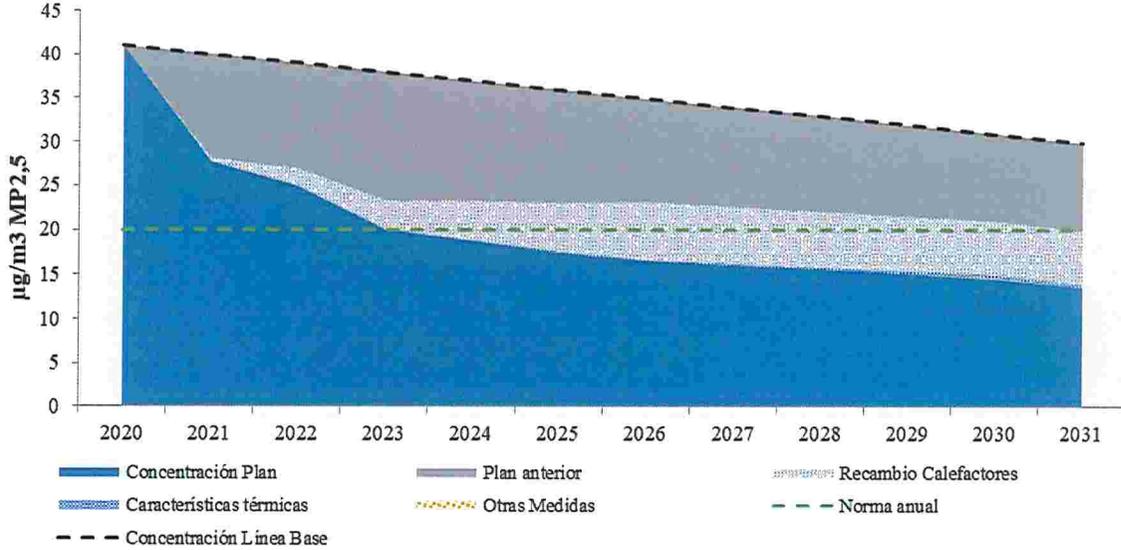
Para la evaluación de este plan se considera como supuesto que, la evaluación mas restrictiva es la de MP_{2,5} Diario, por lo cuál se utilizará esta medida para considerar el cumplimiento del plan. Por consiguiente, se asume que, cumpliéndose la norma de MP_{2,5} diaria, se cumplirá la norma de MP_{2,5} anual y las normas de MP₁₀ diarias y anuales.

Considerando los supuestos anteriormente mencionados, igualmente La Figura 5, presenta la reducción en la cocntraciones anuales para MP_{2,5} a modo de prueba de estos



supuestos. Se puede observar que al año 2023 y producto de las nuevas medidas del plan, se genera un cumplimiento de la norma ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

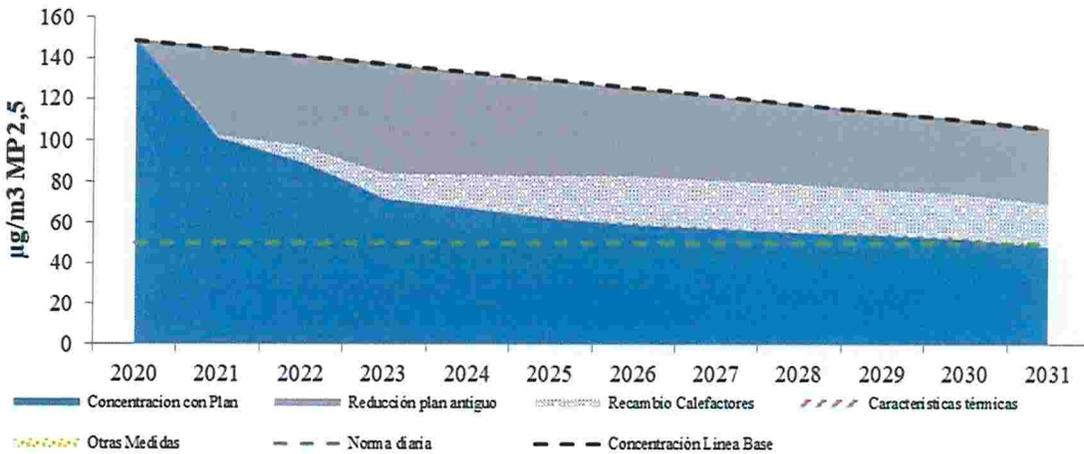
Figura 5: Reducción concentración anual $\text{MP}_{2,5}$



Fuente: Elaboración Propia

La Figura 6 presenta las reducciones estimadas para la concentración atmosférica de $\text{MP}_{2,5}$ en su métrica diaria, según las medidas establecidas.

Figura 6: Evolución de concentración diaria de $\text{MP}_{2,5}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas



Fuente: Elaboración propia.

Se estima que la norma diaria para $\text{MP}_{2,5}$ se cumplirá el año 2031, logrando una concentración de $48.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores suponen un descenso de los niveles



establecidos por la norma, por consiguiente se considerará un cumplimiento en los objetivos del PDA de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Mayor detalle de las medidas y sus reducciones de emisión se encuentra en las secciones 6.1 de Anexos.

3.2 Reducción de Emisiones y de Concentraciones

En la Tabla 9 se presentan las emisiones y concentraciones de MP_{2,5} de línea base asociadas a los sectores residencial, quemas, industria, y transporte, así como las reducciones para el año 2031 (considerado como el año con plena implementación de todas las medidas) derivadas de la implementación de las medidas del plan para dichos sectores.

Tabla 9: Reducción de emisiones y concentraciones de MP_{2.5} con respecto a la línea base, año 2031.

Sector	Línea Base 2031		Reducción Año 2031		Reducción Sector	Reducción Total
	Emisiones [Ton/año]	Conc. [µg/m ³ /año]	Δ Emisiones [Ton/año]	Δ Conc. [µg/m ³ /año]	% Emisión.	% Conc.
Residencial	2.451	26,4	583,3	6	24%	24%
Quemas	101	1,1	0,0	0	0%	0%
Industria	133	1,4	0,0	0	0%	0%
Transporte	86	0,9	0,7	0,008	1%	1%
TOTAL	2.771	30	584,0	6,3	21%	21%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las mayores reducciones de emisiones corresponden al sector residencial, con 583,3 ton/año el año 2031. Esto se debe principalmente a los 18.000 recambios adicionales de equipos de calefacción. El reacondicionamiento térmico de viviendas que contempla subsidios para 5.000 viviendas adicionales ayudan a generar esta alta reducción en las emisiones del sector.

Las reducciones en concentración para cada medida al año 2031 junto con su reducción porcentual se presentan en la Tabla 10, donde se observa que las medidas más importantes en reducción corresponden a medidas asociadas al sector residencial.

Tabla 10: Reducción de concentraciones de MP2.5 diaria por medida, año 2031.

Medida	Diario	
	Reducción de concentración [µg/m3]	Reducción de concentración [%]
Recambio Calefactores	5,965	95%
Prohibición Lena Viviendas Nuevas	0,001	0%
Reacondicionamiento Termico de viviendas	0,313	5%
Recambio de Buses	0,008	0%
Total	6,285	100%

Fuente: Elaboración propia.

Las reducciones por medida estiman que el recambio de calefactores es el que con mayor intensidad reduce la concentración al año 2031, esto dado por el número de nuevos calefactores a recambiar que propone el anteproyecto evaluado (18.000 recambios adicionales). En segundo lugar, la medida de reacondicionamiento térmico de viviendas posee reducciones acorde a los nuevos reacondicionamientos propuestos en este anteproyecto (5.000 reacondicionamientos adicionales). Finalmente, la medida de prohibición de leña en viviendas nuevas y recambio de buses poseen reducciones suficientes para dar cumplimiento al PDA, al año 2031.

3.3 Reducción de efectos a la salud: casos evitados

Para entender mejor los beneficios monetarios en salud presentados en la sección 3.4 Indicadores Económicos, se muestra una estimación del número de casos evitados por tipo de evento para el año 2031 debido a la menor concentración esperada de MP2,5. A su vez, los coeficientes de riesgo unitario utilizados y los valores unitarios por evento se presentan en la sección 6.2 de Anexos.

Cabe destacar que pese a que este PDA está enfocado en MP 2,5 en su métrica diaria, las medidas implementadas tendrán efectos en la reducción de la concentración anual. Debido a esto último se contabilizan los casos de mortalidad (crónica) que se evitarían con la implementación de nuevos recambios de calefactores, reacondicionamientos térmicos, y recambio de buses adicionales, así como las nuevas medidas evaluadas, se estiman en 34 para el año 2031, con un total de 289 casos evitados entre los años 2022 y 2031.



Tabla 11: Número de Casos evitados año 2031 y totalidad el Plan (2022-2031).

Evento	Tipo	Per50	IC90	Per50	IC90
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	34	[22 - 50]	289	[184 - 426]
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	2	[2 - 3]	17	[13 - 22]
	<i>Cardiovascular</i>	14	[11 - 17]	116	[89 - 143]
	<i>Respiratorias crónicas</i>	2	[-1 - 5]	19	[-8 - 45]
	<i>Neumonía</i>	6	[2 - 9]	47	[20 - 73]
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma 2</i>	1.257	[411 - 2104]	10.620	[3472 - 17768]
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	8.353	[7434 - 9071]	70.544	[62789 - 76609]
	<i>Días de actividad restringida</i>	36.516	[34738 - 38921]	308.402	[293392 - 328716]
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	70.611	[61396 - 75050]	596.361	[518537 - 633845]

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Indicadores Económicos

A continuación se presentan los resultados de acuerdo a la metodología establecida en el capítulo 2 del presente informe. En primer lugar el análisis costo-eficiencia de las medidas, posteriormente el análisis costo-beneficio y análisis distributivos.

3.4.1 Costo eficiencia de las medidas del PDA²⁰

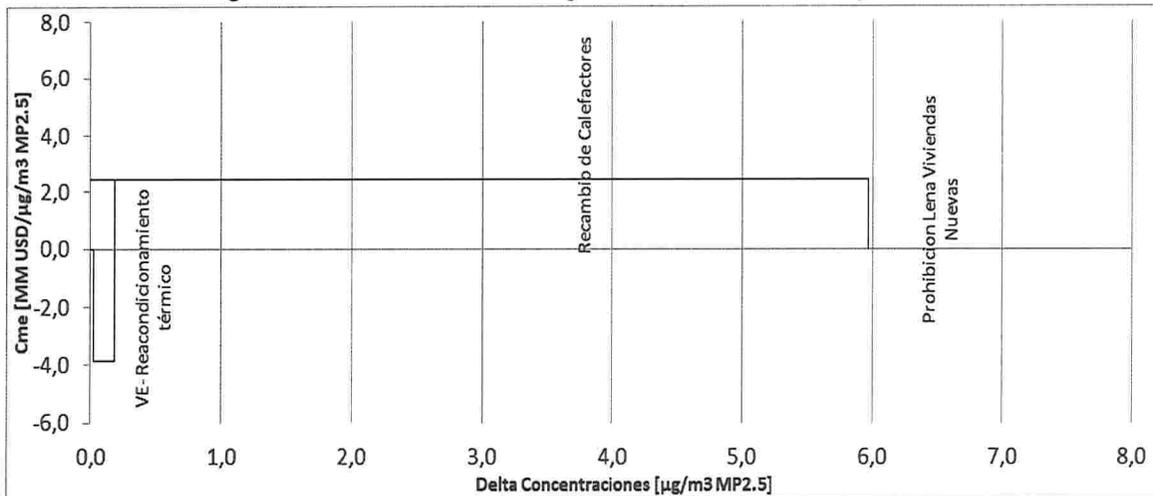
Se presentan para cada medida los resultados del análisis de costo efectividad ordenados según su costo medio, en millones de dólares por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2.5}$ reducido. Este costo considera la inversión realizada y el diferencial de costos de operación y mantención²¹.

Se puede observar en Figura 7 que el Recambio de calefactores por calefactores que utilicen combustible distinto a leña (en este caso pellet), reacondicionamiento térmico que genera ahorros, y la prohibición de leña para viviendas nuevas.

²⁰ Eficiencia: capacidad de una medida de reducir emisiones en relación a los costos que genera. Efectividad: capacidad de reducir emisiones de una medida. Una medida puede ser muy eficiente pero poco efectiva para cumplir las metas del plan.

²¹ Las medidas con un costo medio negativo (ubicadas a la izquierda de la figura) serán más costo-eficiente dado que reduce la contaminación a un costo menor; por otro lado, el ancho de la medida en la horizontal indica la efectividad de la medida, es decir, la cantidad o el potencial de concentración ambiental que es capaz de reducir.

Figura 7: Costo Medio de medidas [MM USD/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5], año 2031



Las medidas reforzadas en este anteproyecto presentan costos medios que varían entre los USD\$ -3.8 (ahorros) a 2,43 millones de dólares.

3.4.2 Análisis Costo-Beneficio

La Figura 8 muestra en valor presente los beneficios y costos asociados a la implementación del plan, considerando las medidas a implementar en el anteproyecto.

El beneficio social neto es de US\$ 46 millones de dólares para el periodo de evaluación, con beneficios cercanos a 2 veces (1,83x) los costos. Se puede observar que los beneficios en salud asociados a las distintas medidas evaluadas, dan cuenta del 92%²² de los beneficios del plan, destacando el aporte de las medidas de recambio de calefactores y reacondicionamiento térmico de viviendas, ya que implican las mayores reducciones de emisiones.

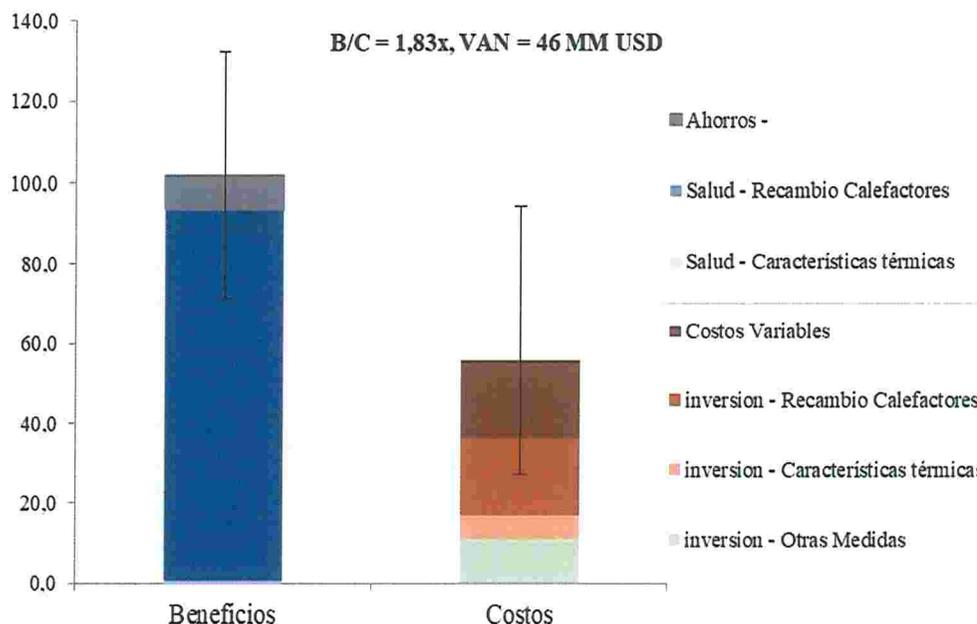
A su vez, dentro de los beneficios en salud (92%), la reducción de riesgos de muerte prematura refleja el 89% de los beneficios, mientras que el resto se divide en los costos evitados en el tratamiento de enfermedades y productividad perdida 11%.

Se determinó que el costo total del nuevo plan, considerando el adicional de medidas y las nuevas medidas corresponde a US\$ 56 millones de dólares para el período de evaluación, los recambios de calefactores dan cuenta de un 33% de estos costos, mientras que el reacondicionamiento térmico de viviendas corresponde a un 11% de los costos.

²² Del 92% un 89% corresponden a beneficios por reducción de mortalidad y 11% corresponden a beneficios por reducción de morbilidad

Los costos variables presentan costos del plan que corresponden al 38%, mayores costos de operación del uso de artefactos, mayor costo de la leña seca, entre otras.

Figura 8: Valor presente de beneficios, costos, beneficio neto y razón B/C (MM USD)



El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 14,910 UF al año 2014, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF²³. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2.9%. El beta utilizado (de largo plazo) para adultos sigue una distribución normal, con media de 0.93% y un IC al 90% de [0.47; 1.41]. Para los costos se asume una desviación de 30%. Valor presente considera flujos hasta año 2026. Costos Variables corresponde a los mayores costos de la leña seca, del uso de pellets.

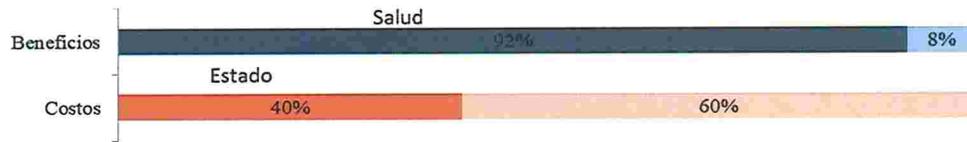
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 9 se desprende que la gran parte de los beneficios corresponden reducción de morbilidad y mortalidad (salud), mientras que en menor medida los beneficios corresponden a ahorros generados en los hogares.

Con respecto a los costos, el estado financia un 40%, por concepto de subsidio a los recambios de calefactores y subsidios de aislación térmica. Por su parte, los emisores financian el 60% restante principalmente por costos de recambio de buses y prohibición de leña en viviendas nuevas.

²³ MMA (2012). Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de AGIES, Preparado por GreenLabUC, Licitación Pública 608897-143-LE11, para Ministerio del Medio Ambiente.

Figura 9: Distribución de beneficios y costos



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Para la evaluación del plan se realizó un análisis costo-beneficio, en que se cuantificaron y valorizaron cuando fue posible los beneficios en salud. Los costos identificados de las diferentes medidas junto con los ahorros generados en el sector residencial producto de la reducción en el consumo de combustible.

Del análisis, se desprende que el beneficio social total del plan es de US\$ 46 millones de dólares en valor presente. Estos beneficios se concentran principalmente en la reducción de riesgos fatales, siendo alrededor de un 92% del beneficio total. El restante corresponde a ahorros en consumo de leña, y a costos evitados en tratamientos de enfermedades y días con actividad restringida. Estos beneficios resultan en gran parte de la aplicación de medidas en el sector residencial, que aporta el 97% de la reducción de concentración de $MP_{2,5}$.

Los costos totales se estiman en US\$ 56 millones de dólares. Las medidas de recambio de calefactores y reacondicionamientos térmicos pese a que incurre en costos posee un alto nivel de reducción. Los demás sectores tienen un costo medio mayor, esto es, cada unidad de concentración reducida es más costosa. El aporte del Estado alcanza un 40% de los costos, este valor se debe principalmente a un alto número de subsidios de aislación térmica y al alto número recambio de calefactores implementados. Por otra parte los emisores aportan con el 60% de los costos, los cuales principalmente corresponden a costos variables.

Respecto a la concentración alcanzada con el plan, la zona lograría salir de la saturación por norma diaria de $MP_{2,5}$ en el año 2031, llegando a niveles de concentración cercanos a los $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2031.

Es importante señalar que los resultados obtenidos en este análisis obedecen a la metodología y supuestos establecidos y deben ser considerados como un antecedente más para la toma de decisiones, a la cual se debe incorporar otros elementos relevantes para la discusión del instrumento. En el futuro se espera reportar dentro de los AGIES los efectos



AGIES Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica para Temuco y Padre Las Casas

de la política pública en la paridad de género y pueblos originarios, además de informar acerca de los potenciales efectos asociados al cambio climático.



5. Referencias

- Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" *Science* 272(5259): 221-222.
- DICTUC (2008). Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región, Encargado por Gobierno Regional Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
- EPA (2000). Guidelines for preparing economic analyses. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.
- Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."
- GreenLabUC (2013). Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas, Solicitado por SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía.
- MIDEPLAN (2011). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos, División de Planificación. Santiago, Chile.
- MMA (2011). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011. Elaborado por AMBIOSIS., Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2012). Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de AGIES, Preparado por GreenLabUC, Licitación Pública 608897-143-LE11, para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2013). Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire, Preparado por GreenLabUC para Ministerio del Medio Ambiente.



- MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente.
- Noel de Nevers and J. Roger Morris (1975). "Rollback Modeling: Basic and Modified." Journal of the Air Pollution Control Association 25(9): 943-947.
- SICAM 2018; "Actualización del inventario de emisiones atmosféricas para las comunas de Temuco y Padre Las Casas, para el año 2017".

Szklo, M. and F. J. Nieto (2014). Epidemiology: beyond the basics, Jones & Bartlett Publishers.
- T. Y. Chang, B. W. (1975). "Generalized Rollback Modeling for Urban Air Pollution Control." Journal of the Air Pollution Control Association 25(10): 1033-1037.
- Sistam (2013). Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de una Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial, Solicitado por Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-60-LE13.

6. Anexos

6.1 Resultados por Medida

La Tabla 12 presentan los costos, beneficios e indicadores económicos para las medidas evaluadas.

Tabla 12: Resultados por medida. MM USD. Valor presente

Medidas	Costos Variables Netos		Costos Inversión		Beneficios Salud	VAN Medidas	Beneficio Total	Costo Total	Razon B/C
	Privado	Estado	Privado	Estado					
Recambio Buses	-0,18	0,00	0	0,23	0,05	0,00	0,23	0,23	1,01
Recambio de Calefactores	17,06	0,79	1,96	17,30	105,56	68,44	92,89	19,26	4,82
Reacondicionamiento térmico	-7,90	0,001	2,18	4,04	0,23	1,90	8,12	6,22	1,31
Prohibicion Lena Viviendas Nuevas	11,33	0,04	10,53	0,00	0,33	-21,57	0,33	10,53	0,03
Total	20,31	0,83	14,68	21,57	106,17	48,78	101,58	55,61	1,83

Fuente: Elaboración propia.

Notas: VN: vivienda nueva. VE: vivienda existente. LE: Límite de emisión. Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salamandra. Cámara simple y otros artefactos que no cumplan norma. Subsidios térmicos incluye tanto viviendas que son objeto de subsidio PPPF como las que no lo son.

6.2 Fichas de medidas

6.2.1 Recambio de Calefactores

Programa de recambio de artefactos a leña																					
Descripción	La SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía ejecutará un programa de recambio voluntario de artefactos existentes (calefactores y cocinas) que combusionen leña o derivados de la madera Vigencia: desde la publicación del PDA.																				
Supuestos de evaluación	18 mil recambios en cinco años (2022-2026): 3.600 por equipos que utilicen pellets cada año. Valor equipo pellet: 26,0 UF/eq Vallor del subsidio: 24,2 UF/eq Costo chatarrización equipo recambiado: 0,517 UF/eq Vida útil equipos de calefacción: 20 años <div style="text-align: center;"> Línea base recambios: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Año Ejecución</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2015</td><td>574</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1686</td></tr> <tr><td>2017</td><td>1538</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1405</td></tr> <tr><td>2019</td><td>3066</td></tr> <tr><td>2020</td><td>3048</td></tr> </tbody> </table> Fuente: SEREMI MMA Araucanía </div>	Año Ejecución	Cantidad	2015	574	2016	1686	2017	1538	2018	1405	2019	3066	2020	3048						
Año Ejecución	Cantidad																				
2015	574																				
2016	1686																				
2017	1538																				
2018	1405																				
2019	3066																				
2020	3048																				
Resultados	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP_{2.5}</th> <th>Beneficios Salud</th> <th>Costo Variable*</th> <th>Inversión</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2.5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recambio a Calefactores</td> <td style="text-align: center;">271</td> <td style="text-align: center;">1,83</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">19,2</td> <td style="text-align: center;">1,88</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2031. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p> <p>*Costo variable neto, valores negativos representan ahorros netos.</p>	Medida	Reducción MP _{2.5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}	Recambio a Calefactores	271	1,83	22	8	19,2	1,88
Medida	Reducción MP _{2.5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe															
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}															
Recambio a Calefactores	271	1,83	22	8	19,2	1,88															
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013)																				

6.2.2 Reacondicionamiento térmico

Subsidio al acondicionamiento térmico de las viviendas existentes																					
Descripción	<p>La SEREMI de Vivienda y Urbanismo entregará al menos 5.000 subsidios para acondicionamiento térmico de las viviendas existentes en la zona saturada.</p> <p>Se deberá dar cumplimiento al menos a los siguientes parámetros adicionales a la normativa vigente en la zona:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Muro</th> <th>Piso Ventilado</th> <th>Ventanas</th> <th>Techumbre</th> <th>Puerta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U</td> <td>U</td> <td>U</td> <td>U</td> <td>U</td> </tr> <tr> <td>W/m²°K</td> <td>W/m²°K</td> <td>W/m²°K</td> <td>W/m²°K</td> <td>W/m²°K</td> </tr> <tr> <td>0,45</td> <td>0,5</td> <td>2,8</td> <td>0,28</td> <td>1,7</td> </tr> </tbody> </table>	Muro	Piso Ventilado	Ventanas	Techumbre	Puerta	U	U	U	U	U	W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K	0,45	0,5	2,8	0,28	1,7
Muro	Piso Ventilado	Ventanas	Techumbre	Puerta																	
U	U	U	U	U																	
W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K	W/m ² °K																	
0,45	0,5	2,8	0,28	1,7																	
Supuestos de evaluación	<p>Vida útil Aislación Térmica: 25 años.</p> <p>Subsidios desde el año 2022 a 2031, con un total de 5.000 subsidios en 10 años.</p> <p>Vidriado simple con U de 2,8 W/m²K</p> <p>Costos: Ecuaciones de costos en función de ΔU. Los costos totales varían por tipología de vivienda, en promedio 104,10 UF/vivienda calculados para una vivienda tipo de 66,5 m². Y una vida útil de 25 años.</p> <p>Se asume subsidio de 97% por parte del estado y de un 3% por parte del emisor</p> <p style="text-align: center;">Línea base de subsidios:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Año Ejecución</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>2.107</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>3.460</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>5.273</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>2.463</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>3.442</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>2.541</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Fuente: SEREMI MMA Araucanía</p>	Año Ejecución	Cantidad	2015	2.107	2016	3.460	2017	5.273	2018	2.463	2019	3.442	2020	2.541						
Año Ejecución	Cantidad																				
2015	2.107																				
2016	3.460																				
2017	5.273																				
2018	2.463																				
2019	3.442																				
2020	2.541																				
Resultados	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP_{2.5}</th> <th>Beneficios Salud</th> <th>Costo Variable*</th> <th>Inversión</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2.5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VE-Reacondicionamiento térmico</td> <td>72</td> <td>0,18</td> <td>0,23</td> <td>-7,9</td> <td>6,2</td> <td>-3,83</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2031. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p> <p>*Costo variable neto, valores negativos representan ahorros netos.</p>	Medida	Reducción MP _{2.5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}	VE-Reacondicionamiento térmico	72	0,18	0,23	-7,9	6,2	-3,83
Medida	Reducción MP _{2.5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe															
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}															
VE-Reacondicionamiento térmico	72	0,18	0,23	-7,9	6,2	-3,83															
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)																				

6.2.3 Prohibición leña en viviendas Nuevas

Prohibición de leña en viviendas nuevas							
Descripción	Se prohibirá el uso de leña en viviendas nuevas						
Supuestos de evaluación	<p>Se considera que las viviendas nuevas considerarán la implementación de estufas a pellet. Los costos suponen el valor entre la entrada de calefactores que cumplan norma y el valor de un calefactor a pellet.</p> <p>Valor equipo pellet: 26,0 UF/eq Vida útil equipos de calefacción: 20 años</p>						
Resultados	Medida	Reducción MP_{2,5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe
		Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}
	Prohibición leña viviendas nuevas	0,79	0,02	0,33	11,4	10,5	28.667
	<p>Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2031. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p> <p>*Costo variable neto, valores negativos representan ahorros netos.</p>						
Referencia Bibliográfica	(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)						

6.2.4 Recambio de Buses

Programa de renovación de buses							
Descripción	Recambio de un mínimo de 200 buses adicionales a los recambios realizados en el proyecto vigente						
Supuestos de evaluación	<p>Se considera un recambio de 40 buses al año entre 2022 y 2026. Adicionalmente se considera una Tasa de recambio natural de 4%.</p> <p>Se considera la salida de los buses más+ antiguos del parque actualizado al año 2020. El estándar de entrada corresponde a buses Euro VI, se asume una vida útil de 20 años. Se considera un costo de chatarrización de 50 UF por bus, asumido por el estado.</p>						
Resultados	Medida	Reducción MP_{2,5}		Beneficios Salud	Costo Variable*	Inversión	CMe
		Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}
	Recambio de buses	0,70	0,02	0,02	-0,2	0,23	2,75
	<p>Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p> <p>*Costo variable neto, valores negativos representan ahorros netos.</p>						
Referencia Bibliográfica	(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)						

6.3 Valores unitarios de beneficios

Tabla 13: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso], escenario Normal.

Tipo de efecto	Efecto detalle	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	12,897	12,897	12,897	12,897
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	22	24	24	0.0
	<i>Cardiovascular</i>	0.0	49	49	49
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0.0	31	31	32
	<i>Neumonía</i>	0.0	0.0	0.0	34
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1.1	0.0	0.0	0.0
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0.0	0.7	0.7	0.0
	<i>Días de actividad restringida</i>	0.0	0.2	0.2	0.0
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: (MMA 2011)

6.4 Coeficientes de riesgo unitario

En la Tabla 14 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 14: Coeficientes de riesgo unitario para MP_{2.5}

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	0.00%	0.93%	0.93%	0.93%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	0.33%	0.33%	0.33%	0.00%
	<i>Cardiovascular</i>	0.00%	0.15%	0.15%	0.16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0.00%	0.24%	0.24%	0.12%
	<i>Neumonía</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0.00%	0.46%	0.46%	0.00%
	<i>Días de actividad restringida</i>	0.00%	0.48%	0.48%	0.00%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0.00%	0.74%	0.74%	0.00%

Fuente: (MMA 2011)

6.5 Ficha de elaboración del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Anteproyecto de revisión del plan de descontaminación atmosférica por MP 2,5 para las comunas de Temuco y Padre Las Casas y de actualización del plan de descontaminación por MP ₁₀ para las mismas comunas
	Versión de AGIES	Versión 1, "Incorporación de nuevos valores sobre el N° de recambio de calefactores, reacondicionamientos térmicos y recambio de buses"
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	D.S. N° 2, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró Zona Saturada por Material Particulado Fino Respirable MP _{2,5} , como concentración diaria, a la zona geográfica que comprende a las comunas de Temuco y Padre Las Casas D.S. N° 8, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, que estableció el "Plan de Descontaminación Atmosférica por MP _{2,5} , para las comunas de Temuco y Padre Las Casas y de actualización del Plan de Descontaminación por MP ₁₀ , para las mismas comunas".
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término del AGIES	15 de Noviembre de 2021
	Alcance geográfico	Comunas de Temuco y Padre Las Casas
	Instrumento nuevo o revisión	Revisión.
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos.
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	Sector residencial: <ul style="list-style-type: none"> • Norma emisión calefactores (DS N°39 de 2012, MMA) • Plan de descontaminación Ambiental (DS N°8 de 2015).
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 14
	Tasas de incidencia	(MMA 2011)
	Valor de la vida estadística	14,910 UF al año 2014, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF
	Modelo de dispersión	FEC transferido de DICTUC, Co-beneficios de la Mitigación de GEI, Santiago de Chile, Reporte preparado para el Ministerio del Medio Ambiente, 2011,
	Beneficios marginales por concentración de MP _{2,5}	(MMA 2011)
Reducción de concentraciones por parámetro	Año 2031: MP _{2,5} 6 µg/m ³ N	



	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2026: MP _{2.5} : 584 ton/año
	Años de evaluación	2022-2031
Parámetros	Valor del dólar	745.89 pesos/dólar
	Valor de la UF	30.381 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	56
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	102
	Valor actual neto en MM USD	46