



000051

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ÁTMOFERICA POR MP₁₀ Y MP_{2,5} PARA LA ZONA SATURADA DE COYHAIQUE

Herlen Rojas ⁽¹⁾, Paulina Schulz ⁽²⁾, Sandra Briceño ⁽²⁾

28 de Junio de 2017

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 descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación (D.S. N° 39/2012 del Ministerio de Medio Ambiente), se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de las propuestas normativas que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS), tarea que recae en el Departamento de Economía Ambiental 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. Para apoyar al CMSyCC 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 PAC, el Consejo Consultivo (CC) y el CMS, no obstante, no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación, correspondiendo a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión, como también lo son los antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la más relevante es la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde a una evaluación de Costos y Beneficios para el Anteproyecto A-AP (en rojo, Figura 1) del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de la ciudad de Coyhaique y su zona circundante.

⁽¹⁾ Profesional del Departamento de Economía Ambiental, Coordinador del AGIES.

⁽²⁾ Revisores. Departamento de Economía Ambiental.

Figura 1: Etapa Actual del AGIES



Fuente: Elaboración propia

Este análisis evalúa el cumplimiento normativo y estima los beneficios valorizables producto de la reducción de casos de mortalidad, y morbilidad en la población, así como estima los costos identificados de las principales medidas implementadas. Esta información es sustancial para el proceso de participación ciudadana, en donde la población debe hacer sus observaciones con toda la información sustancial 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, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

1. Resumen

El presente documento presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de la ciudad de Coyhaique y su zona circundante. Éste tiene como objetivo evaluar los beneficios y costos asociados a las medidas propuestas en el Anteproyecto.

En la ciudad de Coyhaique y su zona circundante las concentraciones ambientales de MP_{2,5} y de MP₁₀ superan las normas de calidad primaria diaria y anual, situación por la que se originan las declaraciones de zona saturada por ambos contaminantes. El presente análisis considera el conjunto de medidas del plan vigente por MP₁₀¹ y lo adicional incorporado en el nuevo anteproyecto que incorpora la revisión del PDA vigente y la elaboración del PDA por MP_{2,5}. El principal sector emisor es el residencial el cual aporta cerca del 99,67% de las emisiones de MP_{2,5}. Consecuentemente, las medidas de reducción de emisiones propuestas en el Anteproyecto han sido diseñadas 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 regulación del uso de artefactos que utilicen leña como combustible. Otras medidas contenidas en este plan incluyen restricciones para la operación de calderas y quemas agrícolas.

Los resultados del AGIES indican que:

- Las medidas de reducción de emisiones propuestas en el Anteproyecto permitirían cumplir la norma diaria de MP_{2,5} en el año 2027 (Figura A y Figura B).
- La reducción de emisiones (Figura C) 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 (Figura D). Adicionalmente, la reducción de MP posee otros beneficios no cuantificados en este análisis como mejora en la visibilidad, disminución de efectos negativos en ecosistemas, entre otros.
- Los beneficios valorizados, para un horizonte de evaluación de 10 años², se estiman en un total de US\$201 millones, de los cuales US\$51 millones corresponden a los beneficios adicionales producto de este Anteproyecto. Es importante destacar que la mayoría de estos beneficios (69%) son atribuibles a la disminución de casos de mortalidad (Figura E y Figura F).
- Los costos asociados a la implementación de medidas, considerando un horizonte de evaluación de 10 años, asciende a un total de US\$124 millones, de los cuales US\$37 millones corresponden a los costos de este Anteproyecto. Las medidas con mayores costos corresponden al recambio de calefactores y reacondicionamiento térmico de viviendas. Un 27% del total de los costos son asumidos por el Estado (Figura E y figura F).
- La valoración de los beneficios y costos del PDA indica que su implementación es rentable desde la perspectiva social. Los beneficios netos³ del conjunto total de medidas se estiman en US\$ 77 millones, de los cuales US\$14 millones corresponden al anteproyecto en evaluación. La razón Beneficio/Costo de la estrategia de descontaminación en Coyhaique corresponde a 1,6, mientras que al considerar la razón de los Beneficios y Costos atribuibles al anteproyecto, la razón resultante es 1,4. (Figura E).

Este análisis concluye que el PDA de Coyhaique, junto con incitar el cumplimiento de las normas vigentes del Estado de Chile, es consistente con los compromisos del Ministerio de Medio

¹ Plan por MP₁₀ establecido en el DS 46 año 2015, Ministerio del Medio Ambiente, <http://bcn.cl/20v66>

² 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: 672 CLP / Tipo cambio UF: 26.619 CLP (Valores observados 24-05-2017).

³ Los beneficios netos corresponden a los beneficios menos los costos.

Ambiente al crear instrumentos que disminuyan la contaminación y que promuevan la equidad entre sus habitantes.

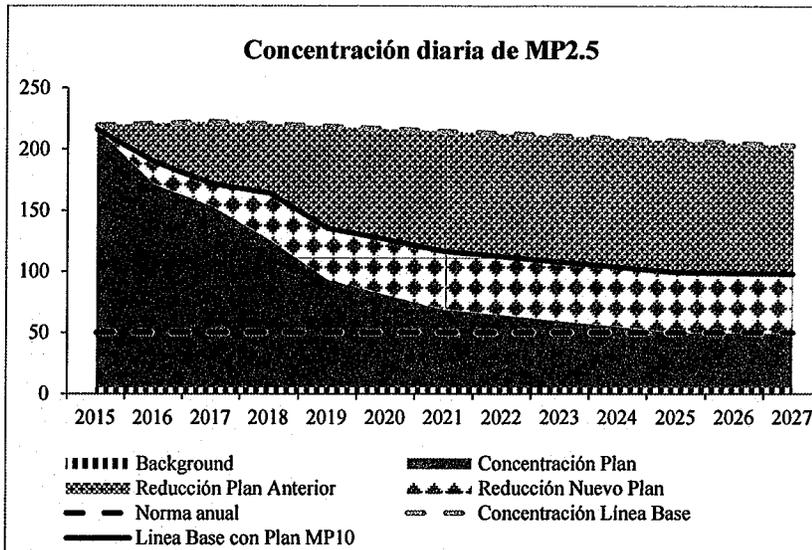


Figura A: Reducción concentración diaria MP_{2,5}

La reducción de la concentración diaria para MP_{2,5} alcanza el objetivo propuesto por la norma de 50 µg/m³ en el año 2027.

El conjunto de medidas pertenecientes al Anteproyecto en evaluación, que representan una mayor reducción corresponden al uso de leña seca (35%), seguido por el recambio de calefactores (27%) y Gestión de episodios críticos (22%). Luego siguen mejoramiento de características térmicas (13%), y Prohibición de artefactos (3%). (Ver Figura 5) Estas medidas, en conjunto con la existencia de un recambio natural anual del 4% de calefactores por la norma de calefactores y de las reducciones generadas por plan anterior de Coyhaique (DS46/2015), generan que para el año 2027 y con plena implementación del plan, la ciudad de Coyhaique alcance una concentración del aire estimada de 49 µg/m³ para la norma diaria.

Medida	Reducción de concentración MP _{2,5} Diario			
	Reducción Total		Reducción por Anteproyecto	
	(µg/m ³ N)	(%)	(µg/m ³ N)	(%)
Recambio estufas cumple norma	15,8	10%	4,5	9%
Recambio estufas (Kerosene, Pellet, Gas)	23,3	15%	8,7	18%
Prohibición chimeneas	0,0	0%	0,0	0%
Prohibición gradual calefactores	8,3	5%	1,7	3%
Reacondicionamiento térmico	29,9	19%	6,0	12%
Estándares térmico para viviendas nuevas	2,2	1%	0,4	1%
Uso de leña seca	56,4	37%	16,9	35%
Quemas agrícolas	0,0	0%	0,0	0%
Límite de emisiones MP	0,0	0%	0,0	0%
GEC	17,6	11%	10,6	22%
Total	153,5	100%	48,8	100%

Figura B: Reducción concentración diaria de MP_{2,5} por medida

La importancia de cada medida según sus reducciones en concentración y su porcentaje, para la métrica diaria en el año 2027 atribuible a cada medida. Se presenta la totalidad de la reducción de la estrategia de descontaminación en Coyhaique y la correspondiente a la reducción adicional del presente anteproyecto.

Sector	Línea Base	Evaluación PDA MP10	Evaluación Anteproyecto PDA MP2,5	
	Emisiones línea base sin Plan MP10 Año 2027 (ton/año)	Emisiones línea base con Plan MP10 Año 2027 (ton/año)	Δ Emisiones Anteproyecto Plan MP2,5 (ton/año)	Emisiones finales con Plan MP2,5 Año 2027
Residencial	5.788	2.926	1.121	1.805
Quemas	0	0	0	0
Industria	10	9	0	8
Transporte	8	8	0	8
Total	5.806	2.943	1.121	1.821

Figura C: Reduccion en emisiones del PDA por sector

La reducción en emisiones (ton/año) del anteproyecto se representa mediante el símbolo Δ. Se presenta la Línea de Base del inventario (situación sin PDA MP10) y la línea de Base esperada considerando la implementación del Plan Vigente (DS46/2015), vale decir, como serían las emisiones en caso de no actualizar el plan de descontaminación.

Con la implementación del plan de MP_{2,5} (anteproyecto en evaluación), la reducción porcentual del anteproyecto correspondería a un 19,3% respecto a la línea base inicial y a un 38% respecto a la línea de base resultante de la implementación del PDA MP10.

Evento	N° Casos Evitados Totales (2015-2027)		N° Casos Evitados atribuibles Nuevo Plan	
	Per50	IC90	Per50	IC90
Mortalidad	254	[167 - 374]	71	[47 - 105]
Admisiones hospitalarias	236	[113 - 356]	66	[32 - 100]
Visitas Salas de Emergencia	11.808	[3.860 - 19.756]	3.323	[1.086 - 5.560]
Productividad perdida (días)	961.888	[862.276 - 1.024.969]	270.696	[242.663 - 288.449]

Figura D: Casos evitados asociados a la totalidad de la estrategia de descontaminación en Coyhaique y los atribuibles al anteproyecto evaluado, para todo el periodo de evaluación (2015-2027)

Estimación del número de casos evitados durante todo el periodo de implementación del plan (2015-2027), y el número de casos atribuibles al anteproyecto del nuevo plan. Se presentan los valores para el percentil 50 (Per50) y sus intervalos de confianza (IC90) al 10%.

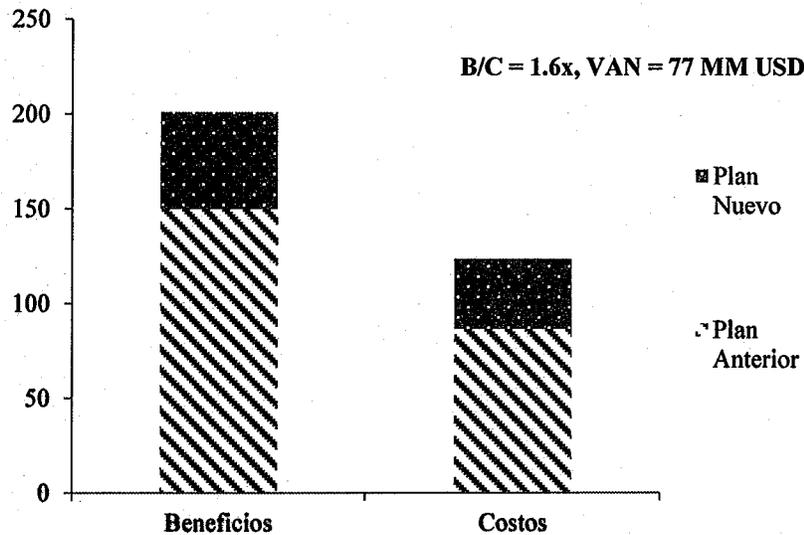


Figura E: Beneficios y Costos

La razón beneficio costo (B/C) de 1,6 representa la proporción entre los beneficios (ahorros en salud y/o consumo) y los costos (inversión y costos variables) presentes en los gráficos para la totalidad de la estrategia de descontaminación en Coyhaique. El valor actual neto (VAN) de US\$ 77 millones representa la diferencia entre beneficio (US\$ 201 millones) y los costos (US\$ 124 millones).

Por otro lado, lo atribuible al anteproyecto en evaluación corresponde a un VAN de US\$ 14 millones, con un beneficio de US\$ 51 millones y costos de US\$ 37 millones, con una razón beneficio costo de 1,4.

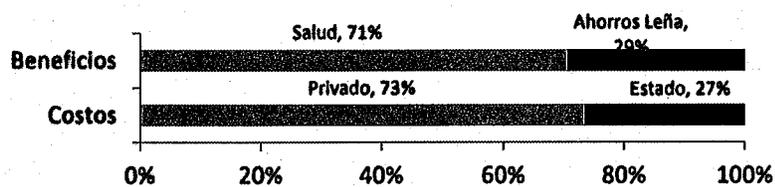


Figura F: Distribución de los beneficios y los costos por agente.

Respecto de los beneficios que se obtendrían al implementar las medidas del PDA, un 71% correspondería a ahorros en salud y un 29% al ahorro de las familias por menor consumo de leña producto de la disminución del consumo energético debido a la aislación térmica de las viviendas y a la mayor eficiencia de los calefactores de recambio.

Por otra parte, los costos de implementación del plan son asumidos en un 73% por los privados y un 27% por el estado, donde los principales costos del estado corresponden a la implementación de recambios de calefactores y reacondicionamientos térmicos.

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES.....	7
2.1 CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	7
2.2 EMISIONES EN LA CIUDAD DE COYHAIQUE.....	9
2.3 MEDIDAS EVALUADAS.....	9
3. METODOLOGÍA DEL AGIES.....	10
4. RESULTADOS	13
4.1 EFECTOS EN CALIDAD DEL AIRE.....	13
4.2 REDUCCIÓN DE EMISIONES Y DE CONCENTRACIONES	14
4.3 REDUCCIÓN DE EFECTOS A LA SALUD: CASOS EVITADOS.....	16
4.4 INDICADORES ECONÓMICOS	17
4.4.1 Costo eficiencia de las medidas del PDA	17
4.4.2 Análisis Costo-Beneficio.....	18
4.5 EPISODIOS CRÍTICOS	21
5. CONCLUSIONES.....	23
6. REFERENCIAS.....	25
7. ANEXOS.....	27
7.1 INVERSIÓN DEL ESTADO	27
7.2 RESULTADOS POR MEDIDA	28
7.3 FICHAS DE MEDIDAS EVALUADAS	32
7.3.1 Referidas al Uso y Mejoramiento de la Calidad de los Artefactos.....	32
7.3.2 Mejoramiento térmico de las viviendas.....	36
7.3.3 Quemadas Agrícolas, Forestales y Domiciliarias.....	38
7.3.4 Calderas de Uso Residencial, Industrial y Comercial.....	39
7.4 MEDIDAS NO EVALUADAS	41
7.5 METODOLOGÍA DETALLADA AGIES.....	42
7.5.1 Sinergias de medidas de reducción de emisiones.....	42
7.5.2 Beneficios en salud.....	43
7.5.3 Evaluación de costos	45
7.5.4 Metodología de evaluación del sector residencial	46
7.5.5 Factores de emisión sector residencial	48
7.6 VALORES UNITARIOS DE BENEFICIOS	49
7.7 COEFICIENTES DE RIESGO UNITARIO	49
7.8 FICHA DEL AGIES	50

Tabla 1: Concentraciones utilizadas en la modelación.

Contaminante	Medida	$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Criterio
MP2,5	Diaria	219	Percentil 98 año 2015 estación de monitoreo Coyhaique 1
	Anual (*)	52	Promedio anual 2015 estación de monitoreo Coyhaique 1
MP10	Diaria	297	Percentil 98 año 2015 estación de monitoreo Coyhaique 1
	Anual	77	Promedio anual 2015 estación de monitoreo Coyhaique 1

(*) No hay declaración de zona saturada para Coyhaique de acuerdo a la norma anual de MP2,5. Sin embargo se calcula este valor, para efectos de la modelación realizada para el cálculo de reducción de concentraciones y beneficios.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Emisiones en la ciudad de Coyhaique.

La Tabla 2 presenta el inventario de emisiones calculado para los distintos sectores de la zona estudiada. El mayor emisor corresponde al sector residencial, con un 99,67% de las emisiones MP_{2,5} respectivamente, producto del uso de leña para calefacción.

Tabla 2: Inventario de Emisiones año 2015 calculado para el modelo de costo-beneficio.

Sector	MP10	MP2,5	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO
Residencial	6.614	6.260	35	844	661	163.306
Quemas e Incendios Forestales	0,4	0,4	0,1	0,3	-	2,5
Fuentes Fijas	8,7	7,3	-	-	-	-
Móviles en ruta	14	13	3	457	12	535
TOTAL	6.638	6.280	38	1.301	673	163.843

Fuente: Elaboración Propia.

2.3 Medidas Evaluadas

En la Tabla 3 se muestran las medidas establecidas en el anteproyecto del plan que serán consideradas en la evaluación económica del presente AGIES.

Tabla 3: Resumen de medidas consideradas en la evaluación

Sector	Medida
Residencial: Referidas al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos y leña	Recambio de calefactores a leña por calefactores a leña cumple norma
	Recambio de calefactores a leña por calefactores a kerosene, pellet y gas
	Prohibición al uso calefactores a leña que no cumplan norma.
Residencial: Mejoramiento Térmico de las viviendas	Subsidios para acondicionamiento térmico de las viviendas existentes
	Requisitos de aislación térmica viviendas nuevas
Quemas	Prohibición quemas agrícolas en los meses de invierno.

Fuentes Fijas	Límite de emisión de MP para calderas.
GEC	Alerta: <ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe el uso de más de un artefacto a leña por vivienda durante las 24 horas. Esta medida se aplicará por zona territorial.
	Pre emergencia: <ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe el uso de más de un artefacto a leña por vivienda durante las 24 horas. Esta medida se aplicará a toda la zona saturada. • No se permitirá la emisión de humos visibles entre las 18:00 y 06:00 hrs. • De 18:00 a 06:00 hrs queda prohibido el funcionamiento de calderas que presenten emisiones mayores a 50 mg/m³N. Esta medida se aplicará por zona territorial.
	Emergencia: <ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe el uso de más de un artefacto a leña por vivienda durante las 24 horas. Esta medida se aplicará a toda la zona saturada. • No se permitirá la emisión de humos visibles durante las 24 horas. • Durante las 24 horas queda prohibido el funcionamiento de calderas que presenten emisiones mayores a 50 mg/m³N. Esta medida se aplicará por zona territorial.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que en el proceso de elaboración de este AGIES no se evalúan medidas para las que no hay efectos directamente cuantificables o para las que no existe información de línea base disponible. Las medidas no evaluadas corresponden a las asociadas con la regulación de fuentes de calefacción institucionales y del comercio, programas de educación, campañas comunicacionales, generación de estudios, programas de capacitación, entre otras. Mayor detalle de éstas se puede encontrar en la Sección 7.4 de Anexos. El detalle sobre las medidas y los resultados de la evaluación se presentan en las secciones 7.2 y 7.3 de Anexos.

3. 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 continuación⁸.

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

⁸ Para mayor detalle de la metodología utilizada, referirse a la sección 7.5 del presente informe.

2. Antecedentes

La ciudad de Coyhaique se encuentra ubicada en la región de Aysén, y posee una población estimada para el año 2016 de 61.081 habitantes⁴, correspondiente a un 55,9% de la población proyectada para la región de Aysén (109.317).

El Decreto Supremo N° 15 de 2016 del Ministerio del Medio Ambiente, declaró Zona Saturada⁵ por material particulado respirable MP_{2,5}, como concentración de 24 horas, a la ciudad de Coyhaique, por lo que, mediante la Resolución Exenta 1097 de 2016 se da inicio al proceso de elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA).

Estas declaraciones dan conformidad al procedimiento y a las etapas señaladas en el artículo 44 de la ley 19.300 y en el decreto supremo N° 39 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente. Originando la elaboración de un Plan de Descontaminación Atmosférico para la ciudad de Coyhaique⁶. Mediante este instrumento el Estado busca resguardar el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, recuperando los niveles de concentración MP_{2,5} por debajo de los niveles máximos establecidos en la normativa vigente.

Cabe mencionar que el año 2015 fue promulgado el PDA para MP10 en la zona⁷, por encontrarse en condición de saturación la norma diaria y anual de dicho contaminante. Las medidas consideradas en dicho plan se refieren al mejoramiento de la calidad de la leña, calidad de los artefactos que combustiónan leña, recambio de equipos, prohibición de chimeneas de hogar abierto, mejoramiento térmico de viviendas, normas de emisión para fuentes fijas, control de quemas agrícolas y otras quemas, medidas de gestión de episodios críticos, entre otras, las que para efectos de esta evaluación se considerarán parte de la línea base.

El presente análisis indicará los costos y beneficios totales asociados a ambos planes, resaltando las reducciones, costos y beneficios adicionales del anteproyecto de plan por MP_{2,5}.

2.1 Concentración de Material Particulado.

Las Figura 2 y Figura 3 presentan los datos de concentración para MP_{2,5} y MP₁₀ monitoreados el año 2015 en la estaciones de Coyhaique, tanto en su métrica diaria (percentil 98) como anual (promedio anual).

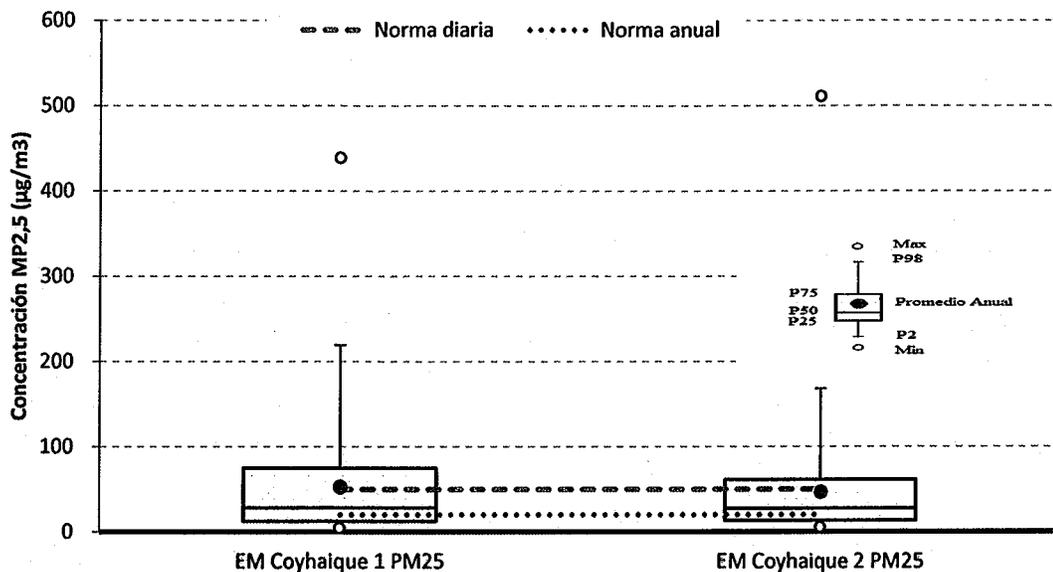
⁴ Proyecciones Censo 2002.

⁵ Zona Saturada: Aquella en la que una o más normas de calidad ambiental se encuentra superada.

⁶ 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.

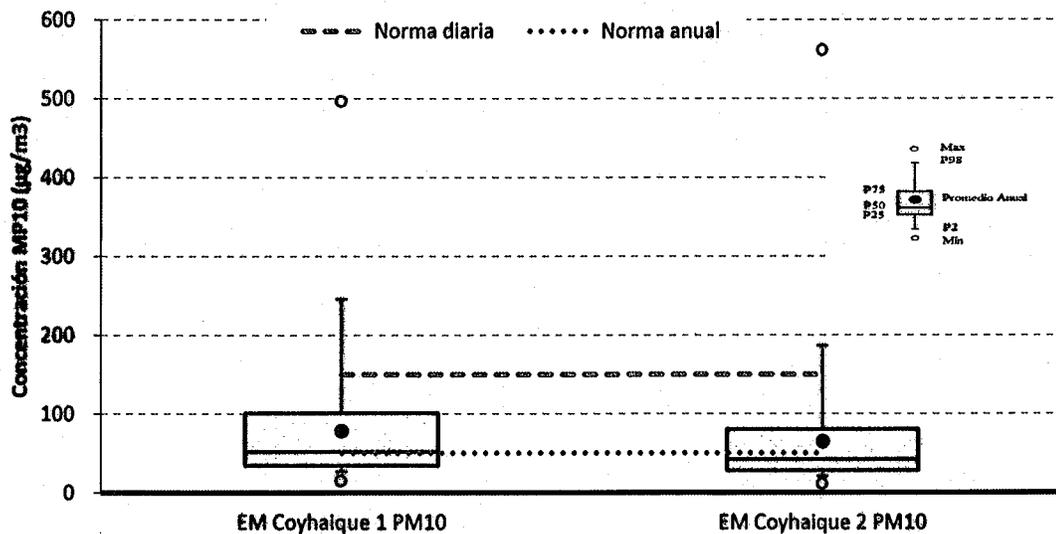
⁷ DS 46 año 2015, Ministerio del Medio Ambiente, <http://bcn.cl/20v66>

Figura 2: Concentración de MP2,5 año 2015. Comparación con normativas diaria y anual.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Concentración de MP10 año 2015. Comparación con normativas diaria y anual.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se presentan las concentraciones utilizadas para la modelación, las cuales corresponden a los valores de la estación de monitoreo Coyhaique 1, que corresponde a la estación con los valores de concentración más elevados, con el fin de ser conservadores en el análisis del AGIES. Estos valores son utilizados como línea base, para los cuales se calcula la reducción en concentración de las medidas y el cumplimiento del plan.

sinergias que genera la implementación de dichas medidas de manera secuencial⁹, evitando así sobredimensionar la reducción de emisiones y evaluar la efectividad de cada una de las medidas de forma realista. Mayor detalle ver el Anexo 7.5.1.

El AGIES se elabora utilizando 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 epidemiológicos¹⁰ y un modelo económico de valorización de los beneficios. Paralelamente se integra la información de los costos de las medidas que pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 4).

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.

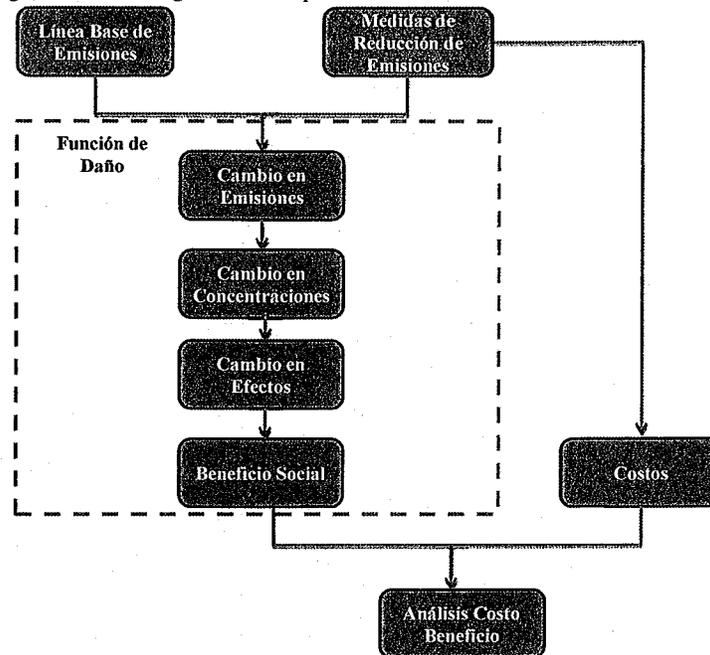
En relación a los costos, se incorporan lo relacionado a inversión y costos de operación, incluyendo los subsidios a otorgar por el Estado.

Se incorpora un análisis de los efectos distributivos con el fin de determinar quiénes perciben los beneficios y los costos de la regulación. En primer lugar, se analiza el impacto en los diferentes agentes de la sociedad involucrados, y posteriormente, se realiza un análisis de los beneficios focalizado por grupos socioeconómicos en el área de influencia del PDA.

⁹ 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 $1 - (1-0,7) \cdot (1-0,8) = 0,94$.

¹⁰ 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.

Figura 4. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



Fuente: Evaluación propia basado en (EPA 2000; MMA 2013)

Dentro de las limitaciones del análisis se mencionan los beneficios por reducción de MP que no fueron valorizados tales como la mejora en visibilidad, en materiales, efectos sobre ecosistemas, disminución de gases de efecto invernadero, beneficios para la agricultura y suelos, imagen país, externalidades positivas asociadas a la educación ambiental, efectos en la salud en otras comunas del país y beneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*¹¹. Esto se debe a la carencia de metodologías validadas a nivel internacional o falta de información base.

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 expuesta¹², consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras¹³.

¹¹ Es un agente capaz de afectar el clima, formado debido a combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Corresponde a carbón puro que absorbe calor en la atmósfera, con tiempo de residencia que va de días a semanas. Se asocia al aumento de la temperatura global.

¹² 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.

¹³ D.S.38 y 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.

Tabla 5: Reducción de concentraciones de MP_{2,5} diaria por medida, para el plan vigente y el adicional para el anteproyecto, año 2027.

Medida	Reducción de concentración MP2.5 Diario					
	Reducción Total		Reducción por Plan Anterior		Reducción por Anteproyecto	
	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)
Recambio estufas cumple norma	15,8	10%	11,3	11%	4,5	9%
Recambio estufas (Kerosene, Pellet, Gas)	23,3	15%	14,5	14%	8,7	18%
Prohibición chimeneas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Prohibición gradual calefactores	8,3	5%	6,6	6%	1,7	3%
Reacondicionamiento térmico	29,9	19%	23,9	23%	6,0	12%
Estándares térmico para viviendas nuevas	2,2	1%	1,8	2%	0,4	1%
Uso de leña seca	56,4	37%	39,5	38%	16,9	35%
Quemas agrícolas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Límite de emisiones MP	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
GEC	17,6	11%	7,1	7%	10,6	22%
Total	153,5	100%	104,7	100%	48,8	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Reducción de concentraciones de MP₁₀ diario por medida, para el plan vigente y el adicional para el anteproyecto, año 2027.

Medida	Reducción de concentración MP10 Diario					
	Reducción Total		Reducción por Plan Anterior		Reducción por Anteproyecto	
	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)
Recambio estufas cumple norma	19,9	12%	14,2	12%	5,7	12%
Recambio estufas (Kerosene, Pellet, Gas)	29,4	17%	18,4	15%	11,0	23%
Prohibición chimeneas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Prohibición gradual calefactores	10,4	6%	8,4	7%	2,1	4%
Reacondicionamiento térmico	37,7	22%	30,2	24%	7,5	16%
Estándares térmico para viviendas nuevas	2,8	2%	2,2	2%	0,6	1%
Uso de leña seca	71,2	42%	49,9	40%	21,4	44%
Quemas agrícolas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Límite de emisiones MP	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
GEC	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Total	171,6	100%	123,3	100%	48,3	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Reducción de concentraciones de MP₁₀ anual por medida, para el plan vigente y el adicional para el anteproyecto, año 2027.

Medida	Reducción de concentración MP10 Anual					
	Reducción Total		Reducción por Plan Anterior		Reducción por Anteproyecto	
	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)	(ug/m3N)	(%)
Recambio estufas cumple norma	3,7	12%	2,6	12%	1,1	12%
Recambio estufas (Kerosene, Pellet, Gas)	5,4	17%	3,4	15%	2,0	23%
Prohibición chimeneas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Prohibición gradual calefactores	1,9	6%	1,5	7%	0,4	4%
Reacondicionamiento térmico	7,0	22%	5,6	24%	1,4	16%
Estándares térmico para viviendas nuevas	0,5	2%	0,4	2%	0,1	1%
Uso de leña seca	13,2	42%	9,2	40%	4,0	44%
Quemas agrícolas	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Límite de emisiones MP	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
GEC	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Total	31,7	100%	22,8	100%	8,9	100%

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Reducción de efectos a la salud: casos evitados

Para entender mejor los beneficios monetarios en salud presentados en la sección de Indicadores Económicos, se muestra una estimación del número de casos evitados por tipo de evento para el año 2027 debido a la menor concentración esperada de MP_{2,5}. A su vez, los coeficientes de riesgo unitario utilizados y los valores unitarios por evento se presentan en la sección 7.6 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 que se evitarían con la implementación de las medidas del plan para la totalidad del periodo, estimándose en 254 casos evitados por la implementación total de la estrategia de descontaminación en Coyhaique, de los cuales 71 casos corresponden al anteproyecto evaluado.

4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las medidas evaluadas para la reducción de la concentración atmosférica. También se calculan los costos de implementación, ahorros en combustible y beneficios en salud asociados a la disminución de concentración, según la metodología detallada en el punto 3 y la sección 7.5 de anexos.

Para el caso de las reducciones en concentraciones que generan las medidas de este plan, se presentarán los resultados tanto de MP₁₀ y MP_{2,5} con la finalidad de mostrar el cumplimiento del plan dentro del plazo establecido. Sin embargo el análisis de los resultados de costos y beneficios se realizará para MP_{2,5}.

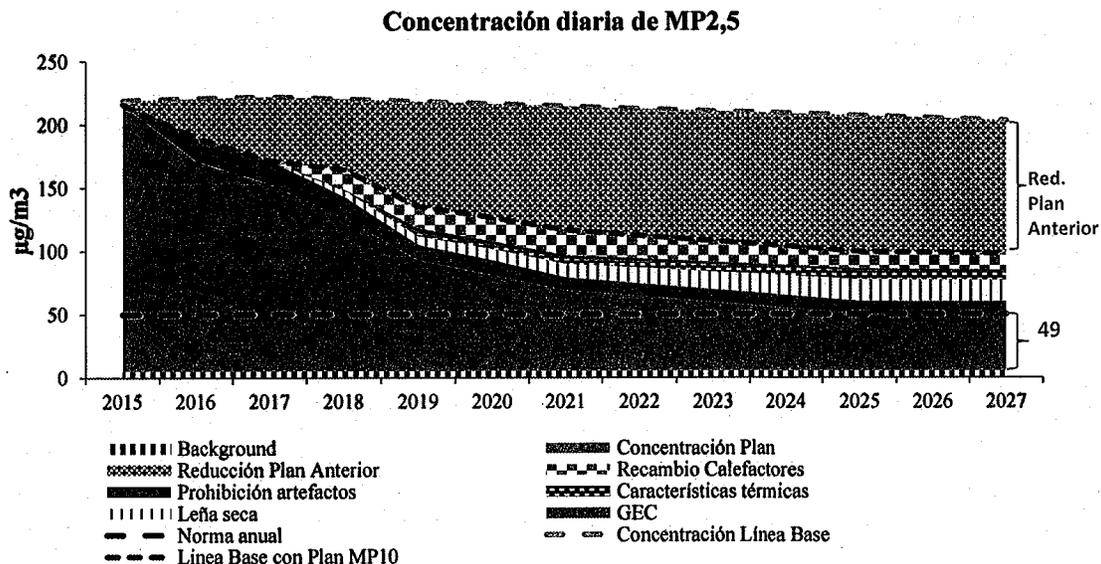
4.1 Efectos en Calidad del Aire

La evaluación del PDA de MP_{2,5} comprenderá un periodo de 10 años (2018-2027), considerando años calendario (1 de enero a 31 de diciembre), sin embargo, dado que en la ciudad de Coyhaique ya existe un PDA de MP₁₀ vigente, es que se consideran las reducciones ya generadas con anterioridad (siendo parte de la línea base).

Considerando que la medida de recambio de calefactores del plan anterior inició de forma previa al periodo señalado, es que se generan reducciones a partir del año 2015.

La Figura 5 muestra las reducciones estimadas para la concentración atmosférica de MP_{2,5} en su métrica diaria, según las medidas establecidas.

Figura 5: Evolución de concentración diaria de 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 para MP_{2,5} se cumplirá el año 2027, logrando una concentración de 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores suponen un descenso de los niveles establecidos

por la norma, por consiguiente se considerará un cumplimiento en los objetivos del PDA de Coyhaique.

Mayor detalle de las medidas y sus reducciones de emisión se encuentra en las secciones 7.2 de Anexos.

4.2 Reducción de Emisiones y de Concentraciones

En la Tabla 4 se presentan las emisiones y concentraciones de $MP_{2,5}$ de línea base asociadas a los sectores residencial, quemas, industria, transporte y fugitivas, así como las reducciones para el año 2027 derivadas de la implementación de las medidas del plan para dichos sectores.

Tabla 4: Reducción de emisiones adicionales de $MP_{2,5}$ [ton/año] con respecto a la línea base, año 2027.

Sector	Línea Base	Evaluación PDA MP10	Evaluación Anteproyecto PDA MP2,5		Reducción Emisiones (%)	
	Emisiones línea base sin Plan MP10 Año 2027 (ton/año)	Emisiones línea base con Plan MP10 Año 2027 (ton/año)	Δ Emisiones Anteproyecto Plan MP2,5 (ton/año)	Emisiones finales con Plan MP2,5 Año 2027	Δ Emisiones [%] respecto a LB	Δ Emisiones [%] respecto a LB con Plan anterior
Residencial	5.788	2.926	1.121	1.805	19,4%	38,31%
Quemas	0	0	0	0	9,8%	16,05%
Industria (*)	10	9	0	8	2,9%	3,29%
Transporte	8	8	0	8	0,0%	0,00%
Total	5.806	2.943	1.121	1.821	19,3%	38,1%

* Corresponde principalmente a calderas de calefacción.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las mayores reducciones de emisiones de $MP_{2,5}$ corresponden al sector residencial, con 1.121 ton/año el año 2027 atribuible al anteproyecto en evaluación, y 3.984 ton/año atribuible a la totalidad de la estrategia de descontaminación en Coyhaique (Plan vigente MP10 más Plan nuevo). Esto se debe principalmente a la prohibición de leña húmeda, a los 15.000 recambios de equipos de calefacción y al reacondicionamiento térmico de viviendas. El reacondicionamiento térmico de viviendas que contempla subsidios para 7.000 viviendas y la exigencia de características térmicas específicas de para viviendas nuevas ayudan a generar esta alta reducción en las emisiones del sector al disminuir la demanda energética de las viviendas para calefacción.

Las reducciones en concentración para cada medida al año 2027 junto con su reducción porcentual se presentan en las Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7, donde se observa que las medidas más importantes en reducción corresponden a la medida de utilización de leña seca, seguida por las medidas de recambio de calefactores (ambos recambios) y reacondicionamiento térmico.

Tabla 8: Número de Casos evitados Plan anterior y adicionales Anteproyecto.

Evento	Tipo	N° Casos Evitados Plan Anterior (2015-2027)		N° Casos Evitados Adicionales Nuevo Plan (2015-2027)		N° Casos Total (2015-2027)	
		Per50	IC90	Per50	IC90	Per50	IC90
Mortalidad	Largo Plazo	183	[120 - 269]	71	[47 - 105]	254	[167 - 374]
Admisiones hospitalarias	Asma	8	[6 - 9]	3	[2 - 4]	11	[8 - 13]
	Cardiovascular	80	[62 - 97]	31	[24 - 38]	111	[86 - 135]
	Respiratorias crónicas	22	[-12 - 55]	8	[-5 - 22]	30	[-17 - 77]
	Neumonía	60	[26 - 94]	24	[10 - 37]	84	[36 - 131]
Visitas Salas de Emergencia	Asma 2	8.485	[2.774 - 14.196]	3.323	[1.086 - 5.560]	11.808	[3.860 - 19.756]
Productividad perdida	Días laborales	50.362	[44.826 - 54.695]	19.723	[17.556 - 21.420]	70.085	[62.382 - 76.115]
	Días de actividad restringida	218.458	[207.681 - 232.823]	85.556	[81.335 - 91.182]	304.014	[289.016 - 324.005]
	Días de actividad restringida menor	422.372	[367.106 - 449.003]	165.417	[143.772 - 175.846]	587.789	[510.878 - 624.849]

Fuente: Elaboración propia

4.4 Indicadores Económicos

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de acuerdo a la metodología establecida en el capítulo 3 del presente informe y según los supuestos indicados en la sección 7.3 de anexos. En primer lugar se presenta el análisis costo-eficiencia de las medidas, seguido posteriormente por el análisis costo-beneficio.

4.4.1 Costo eficiencia de las medidas del PDA¹⁴

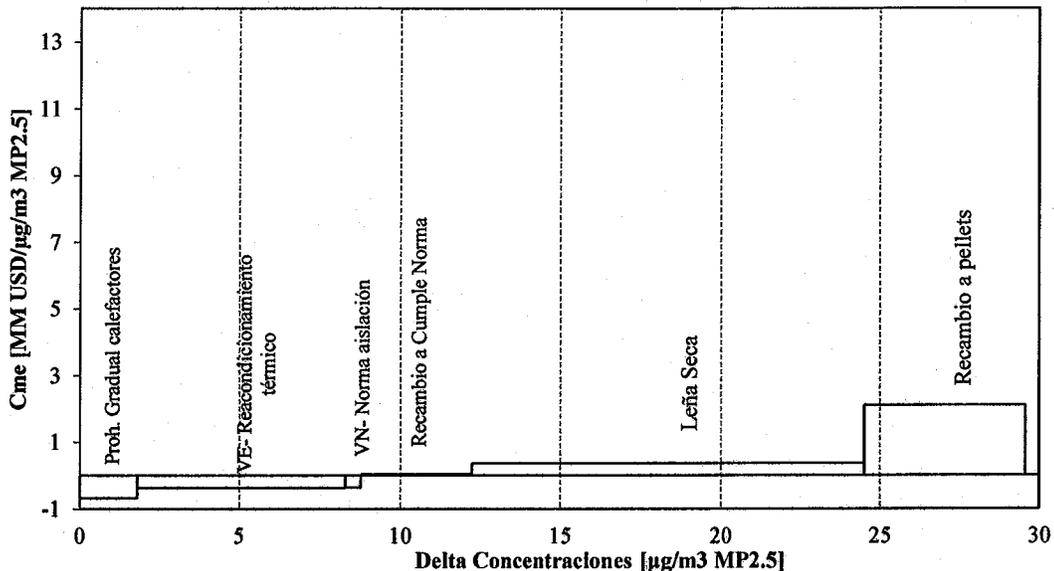
Para cada medida, se presentan los resultados del análisis de costo efectividad ordenados según su costo medio¹⁵, en millones de dólares por cada 1 µg/m³ de MP_{2,5} reducido. Este costo, considera la inversión realizada y el diferencial de costos de operación y mantención. Este análisis de costo eficiencia se realiza para la evaluación del plan en su conjunto, vale decir el plan vigente (DS 46/2015) y el anteproyecto actual.

¹⁴ 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.

¹⁵ Costo medio: corresponde al costo promedio por unidad de concentración reducida (µg/m³ de MP_{2,5} reducido). Si el costo medio es negativo implica un ahorro.

Se puede observar en la Figura 6 que la prohibición de artefactos a leña, los nuevos estándares de aislación térmica para vivienda nueva y para subsidios de aislación térmica, corresponde al grupo de medidas más costo-efectiva, teniendo costos medios negativos, lo que implica un ahorro económico. Otras medidas como el recambio de calefactores a leña por calefactores certificados aunque incurren en costos, también presentan un alto grado de efectividad.

Figura 6: Costo Medio de medidas [MM USD/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$], año 2027



El gráfico considera la inversión, costos variables y ahorros de operación anualizados, sin incluir los beneficios en salud. Los valores corresponden al año 2027, en que todas las medidas establecidas se encuentran vigentes. Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salamandras, cámara simple y otros artefactos que no cumplan norma.

Fuente: Elaboración propia en base a (GreenLabUC 2013), (MMA 2013)

Las medidas que generan ahorros, indicadas anteriormente, generan una reducción en concentración al año 2027 de un 30% de material particulado fino. Por su parte, las medidas que generan costos reducen la concentración en un 70%. Los costos medios van desde los US\$ -0,7 a los 2 millones de dólares por unidad de concentración¹⁶.

4.4.2 Análisis Costo-Beneficio

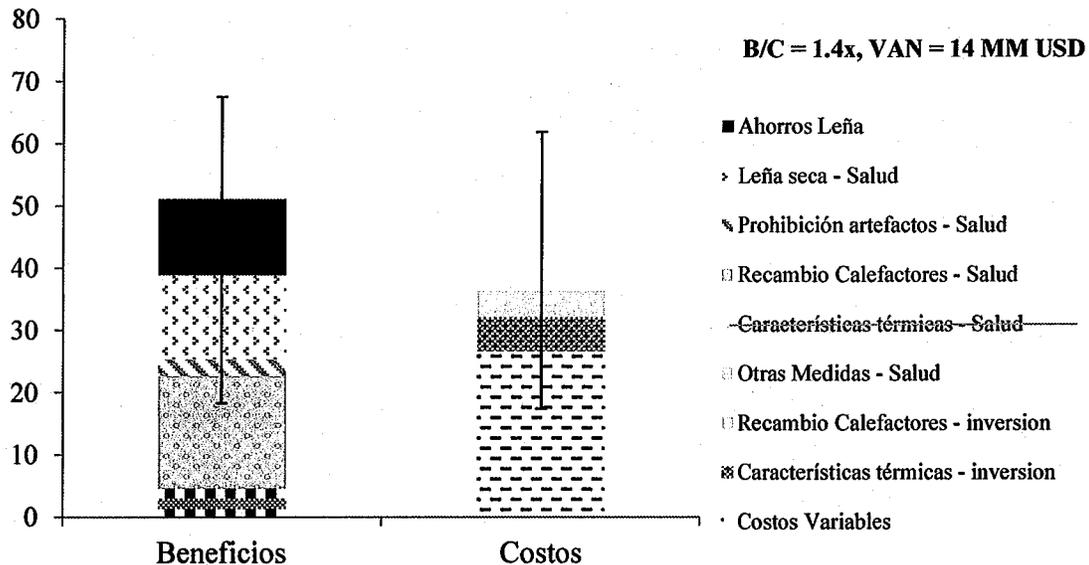
La Figura 7 muestra el valor presente de los beneficios y costos asociados a la implementación del anteproyecto en evaluación, así como la distribución de estos entre el Estado, privados, emisores y población en general.

El beneficio total de la estrategia de descontaminación en Coyhaique, que considera el Plan vigente más el Anteproyecto en evaluación, corresponde a US\$ 201 millones con una razón beneficio costo de 1,6. El beneficio social del anteproyecto es de US\$ 51 millones de dólares para el periodo de evaluación, con beneficios cercanos a 1,4 veces los costos.

¹⁶ MM USD/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

De los beneficios estimados del Plan, se destaca que los beneficios en salud, que corresponden a un 71% de los beneficios totales, de este porcentaje un 96% representa la reducción del riesgo de muertes prematuras y el 4% corresponde al beneficio que implica evitar el tratamiento de enfermedades y la pérdida de productividad.

Figura 7: Valor presente de beneficios, costos, beneficio neto y razón B/C (MMUSD) del Anteproyecto



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] UF¹⁷. 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 2027. Costos Variables corresponde a los mayores costos de la leña seca, del uso de pellets, kerosene y gas licuado, los costos de prohibición de quemas y costos de abatimiento en calderas industriales e institucionales.

Fuente: Elaboración propia.

El costo total del conjunto de medidas del plan vigente más el anteproyecto propuesto corresponde a US\$ 124 millones, de esta cifra total, se ha determinado que el costo del anteproyecto en evaluación es de US\$ 37 millones.

Los costos variables presentan el mayor valor de los costos del anteproyecto correspondiendo a un 72%, esto incluye:

- Costos de los sistemas de abatimiento de calderas, calculado utilizando costos medios por tonelada.
- Mayores costos de operación del uso de artefactos de calefacción por el uso de combustibles.
- Mayor costo de uso de la leña seca.
- Costo de la prohibición de quemas agrícolas.

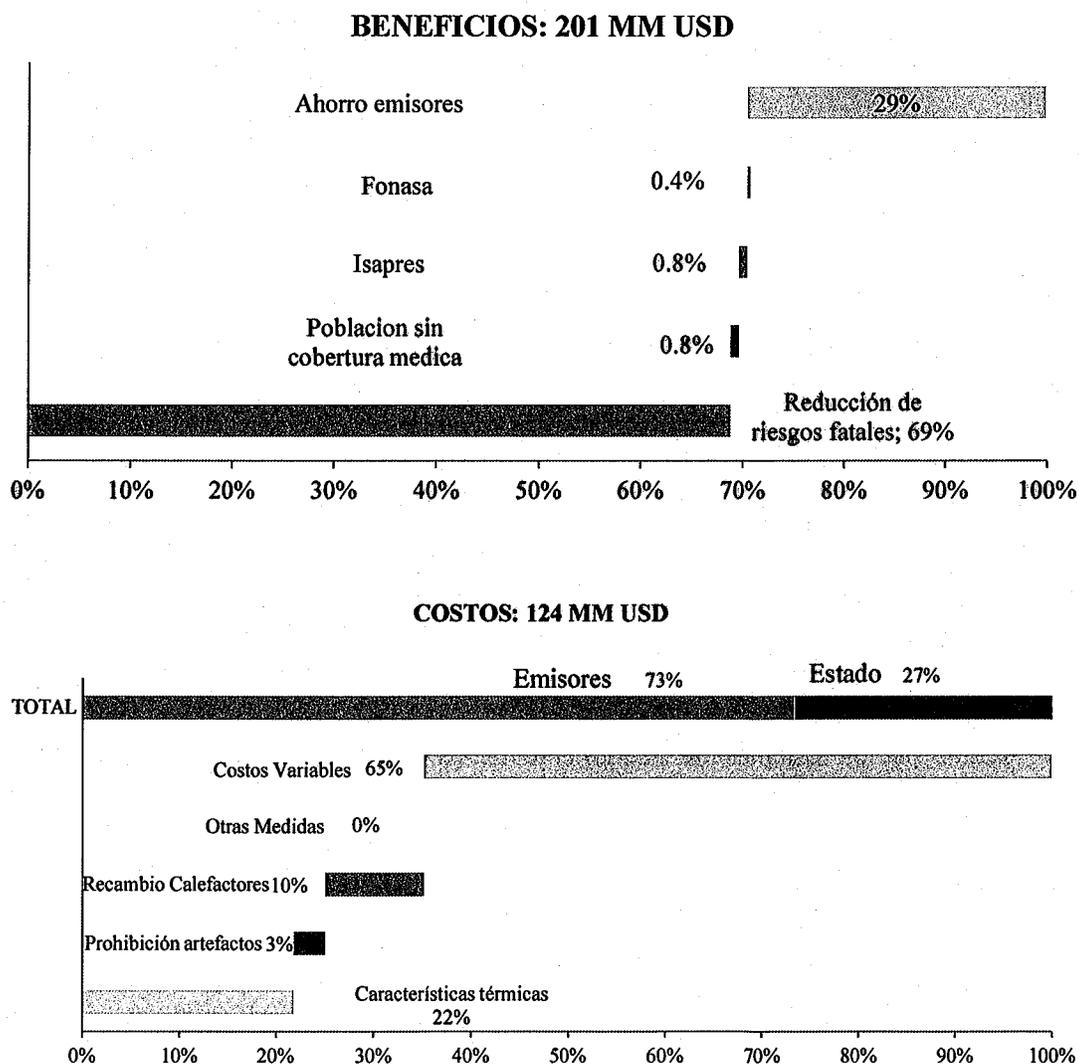
En segundo lugar, se encuentran los subsidios de aislación térmica, que dan cuenta del 15% de estos costos, esto debido al alto número de subsidios y al alto costo relativo de cada uno.

¹⁷ 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.

De la Figura 8 se desprende que el 69% de los beneficios se asocian a la reducción de riesgos fatales, debido a casos evitados de mortalidad prematura, y un porcentaje menor 31%, corresponde a ahorros derivados en el consumo de combustible debido a una mayor eficiencia de los equipos nuevos y menor demanda energética asociada a la aislación térmica.

Con respecto a los costos, el Estado financia un 27%, por concepto de subsidio a los recambios de calefactores y subsidios de aislación térmica. Por su parte, los emisores financian el 73% restante, y al contrastar con los beneficios que derivan del plan, se obtiene un beneficio neto.

Figura 8: Distribución de beneficios y costos



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Episodios Críticos

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para $MP_{2,5}$ se establecen en el D.S. N°12 del año 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma primaria de calidad ambiental para dicho contaminante, y se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9: Rangos de concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] para episodios críticos por $MP_{2,5}$

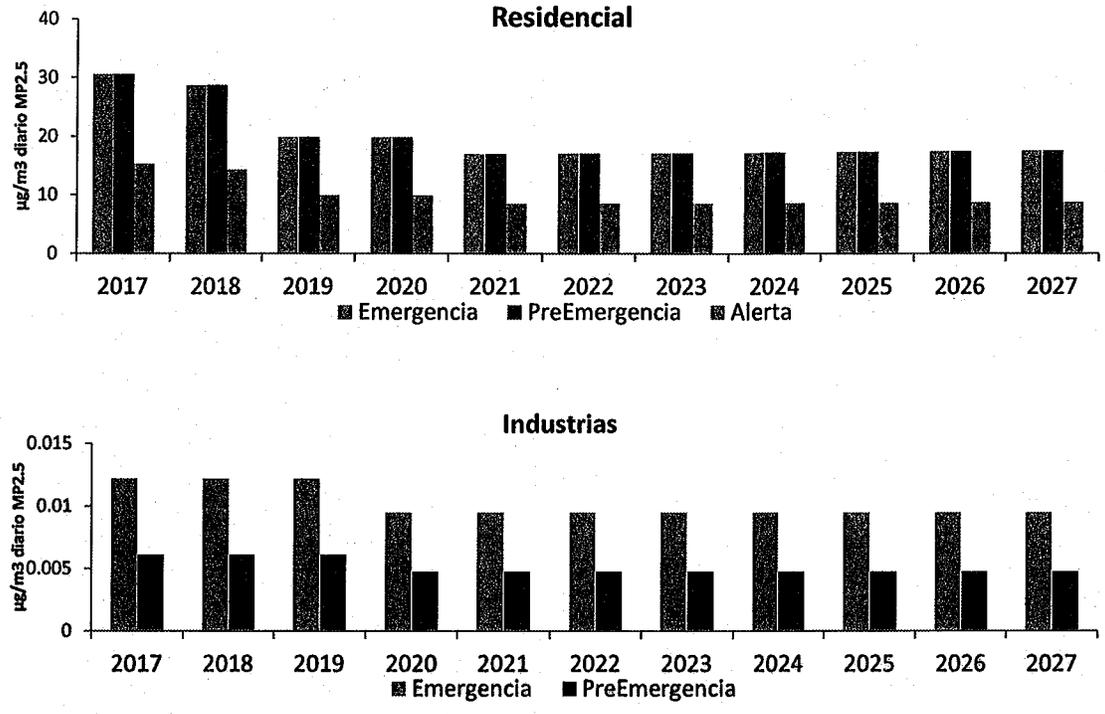
Nivel	Concentración 24 horas $MP_{2,5}$
Alerta	80-109
Preemergencia	110-169
Emergencia	170 o superior

Fuente: DS12 del año 2011, MMA

En el caso del presente PDA, las medidas establecidas para episodios críticos que implican reducción de emisiones corresponden a la prohibición de utilización de un segundo artefacto en la vivienda, la prohibición de humos visibles y la prohibición del funcionamiento de calderas (mayor detalle de las medidas se encuentra en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de Anexos).

La Figura 9 muestra la reducción en concentraciones para diferentes tipos de fuentes emisoras asociadas a la Gestión de Episodios Críticos (GEC). Para el caso del programa de recambio de calefactores, se puede observar un menor impacto de las medidas estructurales del plan, esto se debe a que se afecta a una menor cantidad de fuentes a medida que se implementan las medidas del PDA.

Figura 9: Reducción de concentración diaria de MP_{2,5} para un episodio crítico



*la implementación de la Gestión de episodios críticos en el Plan, corresponde a una decisión de aplicación gradual de las medidas propuestas.
 Fuente: Elaboración propia en base a (MMA 2013)

Cabe mencionar que las medidas asociadas a los episodios críticos aplicadas durante todo el periodo de evaluación no se contabilizan en los resultados del plan, ya que no corresponden a reducciones de emisión predecibles ni permanentes en el tiempo. Sin embargo, en el cálculo de la concentración diaria de MP_{2,5}, sí se contabilizo la reducción que genera un día de emergencia, puesto que la superación de la norma diaria de MP_{2,5} se produce en el periodo de invierno. De este modo es posible visibilizar el potencial impacto de la Gestión de Episodios Críticos (GEC).

5. Conclusiones

La ciudad de Coyhaique evidencia una amplia superación de la norma diaria de $MP_{2,5}$, observándose valores de alrededor de 4 veces la normativa vigente.

En esta zona, el mayor emisor de $MP_{2,5}$ corresponde al sector residencial, debido a la amplia utilización de leña para calefacción, dando cuenta de más de un 99,67% de las emisiones. Por esto, para dar cumplimiento a la norma de calidad, las medidas más relevantes del presente plan corresponden a este sector, aunque también incluye medidas para quemas agrícolas y calderas.

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

Dado que la ciudad de Coyhaique, ya cuenta con un Plan de Descontaminación por el contaminante MP_{10} vigente (DS 46/2015) este fue considerado como línea base, sin embargo, dado que el presente anteproyecto corresponde a un Plan de Descontaminación por $MP_{2,5}$ que viene a complementar el plan ya existente, es que se analizaron ambos en conjunto y de forma separada.

Del análisis, se desprende que el beneficio es de US\$ 201 millones de dólares para la totalidad de la estrategia en Coyhaique, de los cuales US\$ 51 millones de dólares en valor presente, corresponden al anteproyecto. Estos beneficios se concentran principalmente en la reducción de riesgos fatales, siendo alrededor de un 96% de los beneficios en salud y un 69% del beneficio total. El restante corresponde a ahorros en consumo de leña y a costos evitados en tratamientos de enfermedades. Estos beneficios resultan en gran parte de la aplicación de medidas en el sector residencial, que aporta el 99,96% de la reducción de concentración de $MP_{2,5}$.

Los costos totales de la estrategia de descontaminación en Coyhaique se estiman en US\$ 124 millones de dólares, y en US\$ 37 millones de dólares, los costos por el anteproyecto. Las medidas de prohibición de artefactos, norma aislación de viviendas nuevas y reacondicionamiento térmico poseen los menores costos medios por lo que generan ahorros netos. Los demás sectores tienen un costo medio mayor, esto es, cada unidad de concentración reducida es más costosa. El aporte del Estado alcanza un 27% de los costos, considerando los subsidios de aislación térmica y recambio de calefactores a implementar. Por otra parte los emisores aportan con el 73% 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 2027, llegando a niveles de concentración de $49 \mu g/m^3$.

Se recomienda, evaluar el desempeño del plan a lo menos cada cinco años, y en caso de requerirse, actualizar o incorporar nuevas medidas para asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental.

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

6. 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.

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.

VTA 000203

AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica de Coyhaique

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.

7. Anexos

7.1 Inversión del Estado

La Tabla 10 muestra una estimación de la inversión en la que debería incurrir el estado por concepto de subsidios establecidos en el plan.

Tabla 10: Inversión del Estado (millones de pesos)

		Valor unitario (CLP)	Valor Subsidio (CLP)	VP Costo Estado (MM CLP)	
Recambio a artefactos cumple norma	Doble combustión 2,5 g/h	412.595	371.335	1.578	*7.000 recambios por 7 años
Recambio a artefactos distintos a leña	pellets	1.066.623	959.961	6.021	*8.000 recambios por 7 años
	parafina	1.056.242	950.618		
	gas	85.713	77.142		
Aislación Térmica de viviendas	Vivienda PPPF	7.453.320	7.453.320	14.498	*7.000 subsidios por 10 años. 80% a viviendas con avalúo < a 650 UF, y 20% a viviendas >650 UF
	Vivienda No PPPF		5.291.857		
TOTAL				22.098	

Fuente: Elaboración propia

Supuestos: Valor UF de 26.619. Valor del dólar 672 (valor observado 24-05-2017) Valor equipo pellet de 40,07 UF. Valor equipo cumple norma de 15,5 UF. Costo chatarrización de 0,517 UF. El porcentaje subsidiado corresponde a un 90%. El subsidio a la aislación térmica se considera de un 100% para viviendas PPPF (<650 UF).

7.2 Resultados por Medida

La Tabla 11 y Tabla 12 muestran los costos, beneficios e indicadores económicos para las medidas adicionales respecto al plan vigente evaluadas.

Tabla 11: Resultados por medida. MM USD. Valor presente

Medidas	Costos Variables Netos		Costos Inversión		VAN Medidas	Beneficio Total	Costo Total	Razón B/C
	Privado	Estado	Privado	Estado				
Leña Seca	6	0	0	0	8	14	6	2,3
Prohibición Gradual Caldefactores	-3	0	1	0	5	6	1	7,0
Calderas	0,0004	0	0	0	0,008	0,01	0,0004	22,2
Recambio Estufas 1	-2	0	0	1	7	8	1	10,8
Recambio Estufas 2	21	0	0	3	-12	12	24	0,5
Quemas Restricción	0,0004	0	0	0	0	0,001	0,0004	3,7
Reacondicionamiento Térmico	-7	0	1	4	6	11	5	2,3
Viviendas Nuevas Norma	0	0	0	0	0	1	0	2,1
Total general	15	0	2	8	14	51	37	1,4

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.

Fuente: Elaboración propia.

AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica de Coyhaique

Tabla 12. Resultados por medida. Comparación entre planes y totalidad de la estrategia. MM USD. Valor presente

Medidas	Plan Anterior		Adicional Plan Nuevo		Estrategia Total		Razón B/C
	Beneficio Total	Costo Total	Beneficio Total	Costo Total	Beneficio Total	Costo Total	
Leña Seca	33	14	14	6	46	20	2,3
Prohibición Gradual Calefactores	23	3	6	1	28	4	7,0
Calderas	0,03	0,001	0,01	0,0004	0,04	0,002	22,2
Recambio Estufas 1	22	2	8	1	29	3	10,8
Recambio Estufas 2	24	46	12	24	36	70	0,5
Quemas Restricción	0,01	0,002	0,001	0,0004	0,01	0,002	3,7
Reacondicionamiento Térmico	46	20	11	5	57	25	2,3
Viviendas Nuevas Norma	3	1	1	0	4	2	2
Total general	150	87	51	37	201	124	
Razón B/C	1,7		1,4		1,6		

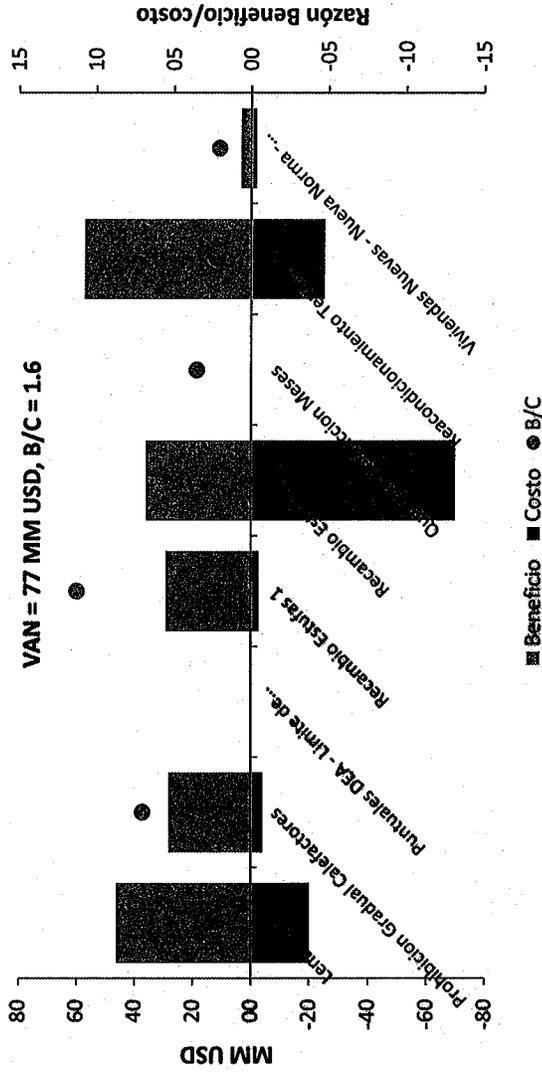
Notas: Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salamandra. Cámara simple y otros artefactos que no cumplan norma. Reacondicionamiento térmico incluye tanto viviendas que son objeto de subsidio PPPF como las que no lo son.

Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 10 y Figura 11 muestran los costos, beneficios y relación beneficio/costo para las medidas evaluadas, para la totalidad de la estrategia y lo correspondiente al anteproyecto en evaluación.

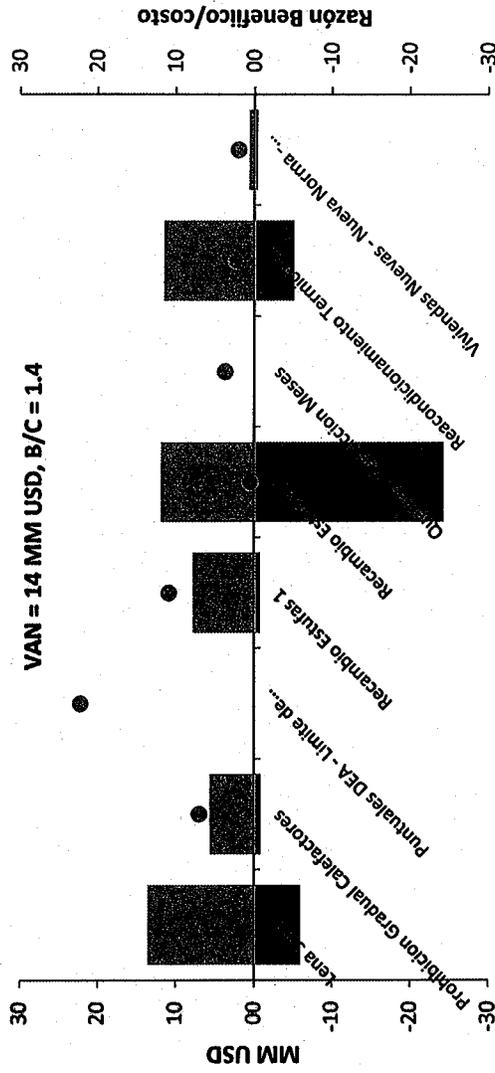
AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica de Coyhaique

Figura 10: Resultados por medida para MP_{2.5} totalidad estrategia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Resultados por medida para MP_{2,5} adicionales plan nuevo



Fuente: Elaboración Propia

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 y 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%.

900000

7.3 Fichas de Medidas Evaluadas

7.3.1 Referidas al Uso y Mejoramiento de la Calidad de los Artefactos

Norma Emisión Calefactores (LB)													
Descripción	Norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa. D.S. N° 39. de 2011. Ministerio del Medio Ambiente.												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Potencia (kW)</th> <th>Emisión de MP (gr/h)</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor o igual a 8</td> <td>2,5</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 8 y menor o igual a 14</td> <td>3,5</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 14</td> <td>4,5</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>	Potencia (kW)	Emisión de MP (gr/h)	Eficiencia (%)	Menor o igual a 8	2,5	70	Mayor a 8 y menor o igual a 14	3,5	70	Mayor a 14	4,5	70
	Potencia (kW)	Emisión de MP (gr/h)	Eficiencia (%)										
	Menor o igual a 8	2,5	70										
	Mayor a 8 y menor o igual a 14	3,5	70										
Mayor a 14	4,5	70											
Nota: Valores de normativa consideran leña seca.													
Supuestos	Vida útil equipos de calefactor: 10 años Se puede abastecer 10m2/kW. Distribución de potencia en base a m2 viviendas. en que m2 viviendas se obtienen de encuesta CASEN.												
Resultados	La reducción de emisiones no se atribuye al plan, sino que se consideran parte de la línea base.												
Referencias Bibliográficas	Nch3173-2009. FE: (DICTUC 2008),(MMA 2013)												

Prohibición uso de Leña Húmeda																										
Descripción	Se prohíbe el uso de leña que no cumpla los requerimientos técnicos de la Norma NCh2907, que define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca, en calefactores, salamandras, calefactor de cámara simple, hechizo y cocinas.																									
Supuestos	<p>Cumplimiento gradual en uso de leña seca</p> <p>Distribución humedad leña base:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo leña</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leña seca</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Leña semihúmeda</td> <td>97%</td> </tr> <tr> <td>Leña húmeda</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Distribución humedad leña año 2025:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo leña</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leña seca</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Leña semihúmeda</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Leña húmeda</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Distribución reducciones y emisiones entre planes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distribución</th> <th>2015-2018</th> <th>2018-2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>30%</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo leña	%	Leña seca	3%	Leña semihúmeda	97%	Leña húmeda	0%	Tipo leña	%	Leña seca	80%	Leña semihúmeda	20%	Leña húmeda	0%	Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	70%	Plan Nuevo	0%	30%
Tipo leña	%																									
Leña seca	3%																									
Leña semihúmeda	97%																									
Leña húmeda	0%																									
Tipo leña	%																									
Leña seca	80%																									
Leña semihúmeda	20%																									
Leña húmeda	0%																									
Distribución	2015-2018	2018-2027																								
Plan Anterior	100%	70%																								
Plan Nuevo	0%	30%																								

	<p>Recambio 1 (estufas cumple norma):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distribución</th> <th>2015-2018</th> <th>2018-2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>71%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>29%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Recambio 2 (estufas pellets, kerosene y gas):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distribución</th> <th>2015-2018</th> <th>2018-2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>37%</td> </tr> </tbody> </table>					Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	71%	Plan Nuevo	0%	29%	Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	63%	Plan Nuevo	0%	37%
Distribución	2015-2018	2018-2027																					
Plan Anterior	100%	71%																					
Plan Nuevo	0%	29%																					
Distribución	2015-2018	2018-2027																					
Plan Anterior	100%	63%																					
Plan Nuevo	0%	37%																					
Resultados	Resultados Anteproyecto MP _{2,5} :																						
		Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe																	
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}																	
	Recambio Estufas 1	132,56	1,0	8	1	0,04																	
	Recambio Estufas 2	255,64	1,9	12	24	2,10																	
	Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique:																						
		Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe																	
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}																	
	Recambio Estufas 1	463,96	3,4	29	3	0,04																	
	Recambio Estufas 2	681,71	5,1	36	70	2,10																	
<p>Reducción de emisiones. Reducción de concentración corresponden al año 2027. CMe corresponde al año 2027. Beneficios. Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p>																							
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013a)																						

7.3.2 Mejoramiento térmico de las viviendas

Subsidio al acondicionamiento térmico de viviendas existentes																		
Descripción	La SEREMI de Vivienda y Urbanismo entregará al menos 7.000 subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes en la zona saturada, dentro de un plazo de 10 años, bajo el Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Se deberá dar cumplimiento al menos a los siguientes parámetros adicionales a la normativa vigente en la zona:																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>U_≤</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia térmica para el Complejo de Muro</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia térmica para ventanas</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia térmica para el Complejo de Puertas</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados</td> <td>0,32</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento	U _≤	Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre	0,25	Transmitancia térmica para el Complejo de Muro	0,35	Transmitancia térmica para ventanas	3,6	Transmitancia térmica para el Complejo de Puertas	1,7	Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados	0,32					
	Elemento	U _≤																
	Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre	0,25																
	Transmitancia térmica para el Complejo de Muro	0,35																
	Transmitancia térmica para ventanas	3,6																
Transmitancia térmica para el Complejo de Puertas	1,7																	
Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados	0,32																	
Supuestos	Vida útil Aislación Térmica: 25 años. Subsidios desde el año 2018 a 2025, con un total de 7.000 subsidios en 8 años. (Se considera como término del subsidio el año 2025, concordando con el PDA de MP10). El costo promedio utilizado para el acondicionamiento térmico de viviendas es 280 UF/vivienda. Se asume subsidio de 100% en viviendas PPPF y 71% en viviendas no PPPF. Distribución reducciones y emisiones entre planes: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distribución</th> <th>2015-2018</th> <th>2018-2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	80%	Plan Nuevo	0%	20%								
Distribución	2015-2018	2018-2027																
Plan Anterior	100%	80%																
Plan Nuevo	0%	20%																
Resultados	Resultados Anteproyecto MP _{2,5} : <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficio</th> <th>Costo</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2,5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reacondicionamiento Térmico</td> <td>175,21</td> <td>1,3</td> <td>11</td> <td>5</td> <td>-0,36</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2,5}	Reacondicionamiento Térmico	175,21	1,3	11	5	-0,36
	Medida		Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe											
Ton/año		µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2,5}													
Reacondicionamiento Térmico	175,21	1,3	11	5	-0,36													
Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique: <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficio</th> <th>Costo</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2,5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reacondicionamiento Térmico</td> <td>876,04</td> <td>6,5</td> <td>57</td> <td>25</td> <td>-0,36</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2,5}	Reacondicionamiento Térmico	876,04	6,5	57	25	-0,36	
Medida		Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe												
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2,5}													
Reacondicionamiento Térmico	876,04	6,5	57	25	-0,36													
Referencias Bibliográficas	(MINVU 2007), (MMA 2013a), (GreenLabUC 2013)																	

Resultados	Resultados Anteproyecto MP _{2,5} :					
	Reducción MP_{2,5}		Beneficio	Costo	CMe	
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}
	Proh. Leña Húmeda	496,02	3,7	14	6	0,38
	Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique:					
	Reducción MP_{2,5}		Beneficio	Costo	CMe	
Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}	
Proh. Leña Húmeda	1.653,41	12,3	46	20	0,38	
Reducción de emisiones. Reducción de concentración corresponden al año 2027. CMe corresponde al año 2027. Beneficios. Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.						
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013a)					

Prohibición al uso de Calefactores																
Descripción	Se prohíbe el uso de calefactores a leña del tipo chimeneas, salamandras, hechizos y de cámara simple , dentro de la zona saturada desde el 1° de enero de 2019. Y cualquier artefacto que no cumpla con la Norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa. D.S. N° 39 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente, desde el 1° de enero del 2021.															
Supuestos	<p>Cumplimiento: Chimeneas: 100%. Calefactores hechizos y Salamandras: 80% Calefactores no cumple norma: 80% Vida útil equipos de calefacción: 10 años</p> <p>Valor calefactor</p> <table border="1"> <tr> <td>Doble Combustión 2.5 g/h</td> <td>15,5 UF/eq</td> </tr> <tr> <td>Pellets</td> <td>40,07 UF/eq</td> </tr> <tr> <td>Cocina a Gas (Licuado o Natural)</td> <td>5 UF/eq</td> </tr> </table> <p>Distribución reducciones y emisiones entre planes:</p> <table border="1"> <tr> <td>Distribución</td> <td>2015-2018</td> <td>2018-2027</td> </tr> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>20%</td> </tr> </table>	Doble Combustión 2.5 g/h	15,5 UF/eq	Pellets	40,07 UF/eq	Cocina a Gas (Licuado o Natural)	5 UF/eq	Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	80%	Plan Nuevo	0%	20%
Doble Combustión 2.5 g/h	15,5 UF/eq															
Pellets	40,07 UF/eq															
Cocina a Gas (Licuado o Natural)	5 UF/eq															
Distribución	2015-2018	2018-2027														
Plan Anterior	100%	80%														
Plan Nuevo	0%	20%														

Resultados	Resultados Anteproyecto MP _{2,5} :					
	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}
	Prohibición Gradual Calefactores	48,59	0,4	6	1	-0,68
	Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique:					
	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	
Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD	USD/µg/m³ MP_{2,5}	
Prohibición Gradual Calefactores	242,94	1,8	28	4	-0,68	
Reducción de emisiones. Reducción de concentración corresponden al año 2027. CMe corresponde al año 2027. Beneficios. Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.						
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013a)					

Programa de recambio de artefactos a leña	
Descripción	La SEREMI del Medio Ambiente ejecutará anualmente un programa calefacción sustentable que contemplará el recambio de al menos 15.000 calefactores y/o cocinas a leña en la zona saturada, en un plazo de 10 años. Al menos 8.000 recambios serán por sistemas de calefacción que utilicen un combustible distinto de leña. Vigencia: Desde la publicación del plan.
Supuestos	7.000 recambios de calefactores que cumplan la norma (D.S. N° 39 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente). 8.000 recambios por calefactores a parafina (45,13%), pellet (53,4%) y Gas (1,47%) (Se utiliza distribución de postulaciones 2017). Ambos durante el periodo 2015 – 2021 (previo a la prohibición al uso de calefactores). Valor equipo cumple norma: 15,5 UF/eq Valor equipo pellet: 40,07 UF/eq Valor equipo parafina: 39,68 UF/eq Valor equipo gas: 3,22 UF/eq Costo chatarrización equipo recambiado: 0,517 UF/eq Costo cocina a gas (licuado o natural): 5 UF/eq Vida útil equipos de calefacción: 10 años Copago beneficiario: 10% Distribución reducciones y emisiones entre planes:

Aislación térmica viviendas nuevas					
Descripción	Las viviendas nuevas que se construyan en la zona saturada deberán acreditar el cumplimiento de los siguientes estándares:				
	Elemento				U_≤
	Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre				0,25
	Transmitancia térmica para el Complejo de Muro				0,35
	Transmitancia térmica para ventanas				3,6
	Transmitancia térmica para el Complejo de Puertas				1,7
	Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados				0,32
Las infiltraciones de aire de la vivienda no deberán superar las 4 medidas a 50Pa.					
Supuestos	Vida útil Aislación Térmica: 25 años. Supuesto: Vigente desde 2016 El costo promedio utilizado para la aislación térmica de viviendas nuevas es de 77,20 Uf/vivienda				
Resultados	Resultados Anteproyecto MP _{2,5} :				
	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD
					USD/µg/m³ MP_{2,5}
	Viviendas Nuevas Norma	12,92	0,1	1	0
					-0,36
	Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique:				
	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD
					USD/µg/m³ MP_{2,5}
Viviendas Nuevas Norma	64,61	0,5	4	2	
				-0,36	
Reducción de emisiones. Reducción de concentración corresponden al año 2027. CMe corresponde al año 2027. Beneficios. Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.					
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)				

7.3.3 Quemias Agrícolas, Forestales y Domiciliarias

Quemias agrícolas, forestales y domiciliarias																																			
Descripción	Se prohíbe el uso del fuego para la quema de rastrojos, y de cualquier tipo de vegetación viva o muerta, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de la comuna de Coyhaique, desde el 1° de Abril hasta el 30 de Septiembre de cada año																																		
Supuestos	<p>Sólo se consideran los datos reportados a CONAF como quemias legales (no se consideran quemias ilegales ni incendios forestales), por lo que esta medida podría tener un potencial de reducción de emisiones mayor.</p> <p>Distribución reducciones y emisiones entre planes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distribución</th> <th>2015-2018</th> <th>2018-2027</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plan Anterior</td> <td>100%</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Plan Nuevo</td> <td>0%</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	Distribución	2015-2018	2018-2027	Plan Anterior	100%	80%	Plan Nuevo	0%	20%																									
Distribución	2015-2018	2018-2027																																	
Plan Anterior	100%	80%																																	
Plan Nuevo	0%	20%																																	
Resultados	<p>Resultados Anteproyecto MP_{2.5}:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficio</th> <th>Costo</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2.5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quemias Restricción</td> <td>0,03</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table> <p>Resultados Totalidad de la estrategia en Coyhaique:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficio</th> <th>Costo</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m³ MP_{2.5}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quemias Restricción</td> <td>0,17</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reducción de emisiones. Reducción de concentración corresponden al año 2027. CMe corresponde al año 2027. Beneficios. Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p>	Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}	Quemias Restricción	0,03	0,0	0	0	0,20	Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}	Quemias Restricción	0,17	0,0	0	0	0,20
Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe																														
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}																														
Quemias Restricción	0,03	0,0	0	0	0,20																														
Medida	Reducción MP2.5		Beneficio	Costo	CMe																														
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP _{2.5}																														
Quemias Restricción	0,17	0,0	0	0	0,20																														
Referencias Bibliográficas	CONAF, Reporte Situación Específica de Avisos (GEOREF) del Sistema de Asistencia a Quemias Controladas, (INE 2012), (MMA 2011a), (Villena, Villena et al, 2007) (MMA 2013a)																																		

7.3.4 Calderas de Uso Residencial, Industrial y Comercial

La base de datos utilizada corresponde a los datos entregados por la SEREMI de Salud de la Región de Aysén, cuya información corresponde a las declaraciones realizadas por los titulares de acuerdo a lo exigido en el D.S.138 del Ministerio de Salud, para el año 2015.

Límite de emisión calderas nuevas y existentes																											
Descripción	Las calderas nuevas y existentes deberán cumplir con los límites máximos de emisión que se indican a continuación:																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Potencia Térmica</th> <th colspan="2">Límite Máximo de MP (mg/Nm³)</th> </tr> <tr> <th>Caldera existente</th> <th>Caldera nueva</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><75 kWt</td> <td>-</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>≥ 75 kWt a <300 kWt</td> <td>100</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>≥ 300 kWt a < 1 MWt</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>≥ 1 MWt a < 3 MWt</td> <td>50</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>≥ 3 MWt a < 20 MWt</td> <td>50</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>≥ 20MWt a < 50 MWt</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>≥ 50 MWt</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Potencia Térmica	Límite Máximo de MP (mg/Nm ³)		Caldera existente	Caldera nueva	<75 kWt	-	50	≥ 75 kWt a <300 kWt	100	50	≥ 300 kWt a < 1 MWt	50	50	≥ 1 MWt a < 3 MWt	50	30	≥ 3 MWt a < 20 MWt	50	30	≥ 20MWt a < 50 MWt	30	30	≥ 50 MWt	30	30
	Potencia Térmica		Límite Máximo de MP (mg/Nm ³)																								
		Caldera existente	Caldera nueva																								
	<75 kWt	-	50																								
	≥ 75 kWt a <300 kWt	100	50																								
	≥ 300 kWt a < 1 MWt	50	50																								
	≥ 1 MWt a < 3 MWt	50	30																								
≥ 3 MWt a < 20 MWt	50	30																									
≥ 20MWt a < 50 MWt	30	30																									
≥ 50 MWt	30	30																									
Plazo: Fuentes existentes en un plazo de 18 meses y fuentes nuevas a partir de la publicación del PDA en el Diario Oficial.																											
Se eximen calderas nuevas o existentes que utilicen combustible gaseoso en forma exclusiva y permanente.																											
Se eximen por 24 meses adicionales aquellas calderas existentes o nuevas de alimentación automática que utilicen pellets o chips de madera en forma exclusiva y permanente. Finalizado el plazo de 24 meses adicionales, deberán cumplir los límites presentados en la tabla.																											
Supuestos	Para completar los datos faltantes de concentración de las calderas, se utilizaron concentraciones por defecto a partir de estudio Greenlab UC.																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Contaminante</th> <th>Parámetro</th> <th>Concentración (mg/m³N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MP_{2,5}</td> <td>Leña</td> <td>308,1</td> </tr> <tr> <td>MP₁₀</td> <td>Leña</td> <td>364,9</td> </tr> <tr> <td>MP</td> <td>Leña</td> <td>405,4</td> </tr> </tbody> </table>	Contaminante	Parámetro	Concentración (mg/m ³ N)	MP _{2,5}	Leña	308,1	MP ₁₀	Leña	364,9	MP	Leña	405,4														
Contaminante	Parámetro	Concentración (mg/m ³ N)																									
MP _{2,5}	Leña	308,1																									
MP ₁₀	Leña	364,9																									
MP	Leña	405,4																									
	También se consideró un nivel de actividad de 3108 h/año-caldera.																										
	Para estimar los costos de esta medida se utilizan los siguientes costos medios por tonelada:																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Contaminante</th> <th>UF/ton</th> <th>USD/Ton</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MP_{2,5}*</td> <td>6,4</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>	Contaminante	UF/ton	USD/Ton	MP _{2,5} *	6,4	220																				
Contaminante	UF/ton	USD/Ton																									
MP _{2,5} *	6,4	220																									
	(*) Para MP _{2,5} se asume uso de precipitador electrostático húmedo.																										

	Distribución reducciones y emisiones entre planes:				
	<u>Distribución</u>		<u>2015-2018</u>	<u>2018-2027</u>	
	Plan Anterior		100%	80%	
	Plan Nuevo		0%	20%	
Resultados	Reducción MP2.5		Beneficio		Costo
	Medida	Ton/año	µg/m³	MM USD	MM USD
					CMe
	Calderas	0,29	0	0	0
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2027.				
	Beneficios y Costos en valor presente de flujos anualizados.				
Referencias Bibliográficas.	(USEPA 2010)				

7.4 Medidas no Evaluadas

La Tabla 13 detalla las medidas que no han sido evaluadas para el presente plan.

Tabla 13: Medidas del plan no evaluadas

Sector	Medida
Prohibición de artefactos	Prohibición de chimeneas.
	Todas las regulaciones destinadas a artefactos de uso comercial e institucional.
Educación Ambiental	Todas las medidas de capacitación y/o educación ambiental en el marco del PDA de Coyhaique.
Control de emisiones de calderas de uso residencial, comercial e industrial	Instalación sistema de monitoreo continuo o discreto según potencia.
	Recambio de calderas de calefacción por proyectos alternativos de calefacción o agua sanitaria.
Quemas	Quemas de neumáticos, hojas secas, ramas y todo tipo de residuo en la vía pública.
GEC	Excepción de paralización de calderas que utilicen combustible gaseoso.
	Actividades de fiscalización de episodios críticos.

Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférica de la ciudad de Coyhaique.

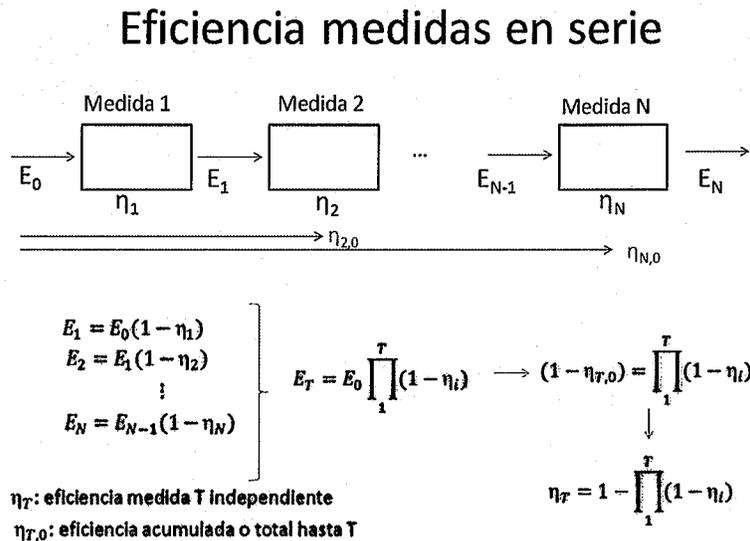
7.5 Metodología detallada AGIES

7.5.1 Sinergias de medidas de reducción de emisiones

Se consideraron los efectos combinados o sinergias que poseen las medidas del PDAC, 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 12 se 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 12: Diagrama conceptual de medidas aplicadas en serie para considerar sinergias entre ellas,



Fuente: Elaboración propia

7.5.2 Beneficios en salud

La Tabla 14 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 14: 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, CO_vs, SO_x, y MP), se debe estimar el factor de emisión-concentración o FEC para cada zona geográfica. El FEC 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:

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

Dónde:

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 2009, obteniéndose un valor de $245 \text{ ton}/\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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:

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

Dónde:

$\Delta \text{Efecto}_{pj}$: 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 linealizar¹⁸ la expresión anterior de obtiene:

¹⁸ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

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

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:

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

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).

7.5.3 Evaluación de costos

Los costos evaluados corresponden al costo incremental de las medidas respecto del escenario base, esto es, en ausencia del plan de descontaminación, pero considerando normativas previas vigentes a nivel nacional o en la zona de aplicación de las medidas. Para el presente plan se considera parte de la línea base el plan de descontaminación por MP₁₀.

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 mantenimiento. 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.

$$VP_{CT} = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \left(\frac{\text{Inversión}_{m,t}}{(1+r)^t} \cdot \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \frac{\text{Costos OyM}_{m,t}}{(1+r)^t} \right) = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \frac{CMe_{m,t} \cdot Red_{m,t}}{(1+r)^t}$$

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 Mantenición 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 $[\text{ton p}]$ o $\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ p} \right]$.
- r: Tasa de descuento utilizada.
- n: Vida útil de la inversión [años].
- T: Horizonte de Evaluación de las medidas [años].

7.5.4 Metodología de evaluación del sector residencial

Para estimar las emisiones de contaminantes producto de la calefacción del sector residencial, es necesario determinar la demanda de calor necesaria para garantizar una temperatura base¹⁹ al interior de las viviendas en la zona a evaluar.

La temperatura base, corresponde a la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de los requerimientos de calefacción, con los cuales se obtiene el confort térmico. La temperatura de confort corresponde a la temperatura óptima para vivir y está en torno a 20°C. En cambio, la temperatura base varía entre 12°C y 18°C, dado que se deben considerar las ganancias de calor producto de dos causas principales: una por la incidencia del sol sobre la envolvente de la vivienda y otra debido al aporte de los usuarios y los equipos de las casas.

La demanda de calor dependerá de las características de cada vivienda, vale decir de su volumen, envolvente térmica y la transmitancia de los materiales con la que fue construida así como también de la zona geográfica en la que se encuentre y la estación del año.

Para satisfacer esta demanda, las viviendas suelen utilizar sistemas de generación de calor, siendo ampliamente utilizados en la zona centro sur los sistemas de calefacción en base a leña y sus derivados. Sin embargo, al ser la temperatura exterior menor a la temperatura interior, se produce una pérdida de calor en favor del ambiente más frío, generándose la necesidad de mejorar la aislación térmica de la vivienda.

Para la determinación de la demanda de calor, se utilizan las siguientes características:

¹⁹ Considerando que la temperatura base varía entre 12°C y 18°C, se asumirá como temperatura base 15°C, lo que se asociaría a una temperatura de confort de 19°C aproximadamente.

- Nivel de hermeticidad de la vivienda: corresponde al número de renovaciones de aire por hora.
- Transmitancia térmica (U): flujo de calor que pasa por unidad de superficie, por tiempo y por diferencia de temperatura entre los dos ambientes que separa dicho elemento. Se mide en W/m²-K.
- Grados hora: Corresponde a la suma de las diferencias de temperatura horaria, para todas aquellas horas en que la temperatura es menor a 15 °C (temperatura base). No se consideran los meses de verano (diciembre, enero y febrero). Aumentan con la latitud.

Resultando que la demanda de calor para una vivienda será:

$$Q = \frac{1}{1000} * Gr * V * \left(\frac{\sum_i sup_i * u_i + p_{suelo} * u_{suelo}}{V} + 0,35 * Ren \right)$$

Donde:

Q: Demanda de calor [KW/año-vivienda]

Gr: Grados hora de la zona evaluada [° hora/año]

V: Volumen de la vivienda [m³]

sup_i: Superficie del elemento constructivo *i* [m²]

u_i: Transmitancia térmica del elemento constructivo *i*, [W/m²K]

p_{suelo}: Perímetro del suelo [m]

Ren: Nivel de hermeticidad de la vivienda [Ren/hora]

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

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

Donde:

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 emisiones²⁰ 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 demanda de calor de la vivienda se mantiene constante.

En este sector, la estimación de la reducción de emisiones debe considerar que las medidas presentan sinergias entre ellas, por lo que no se calculan de forma independiente si no que a través de la metodología explicada en el capítulo 7.5.1 con el fin de evitar sobreestimar la reducción de emisiones en el sector.

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.

La metodología para la estimación de beneficios en salud asociados a la disminución de concentración de MP₁₀, MP_{2,5} se detalla en el capítulo 7.5.2.

7.5.5 Factores de emisión sector residencial

Tabla 15: Factores de emisión equipos de calefacción residencial (mg/MJ), corregidos por eficiencia de equipos y para el año base 2015²¹

	MP10	MP25	SOX	NOX	NH3	CO	CO2	CH4	N2O	COV
Otros	5.247	5.088	40	259	220	78.539	310.009	830	11	71.201
Chimenea	3.192	2.908	40	259	220	78.539	310.009	830	11	71.201
Salamandra	3.211	2.984	32	1.229	176	154.168	248.007	664	9	56.961
Combustión Simple	1.425	1.333	15	290	160	93.661	225.461	604	8	11.985
Doble Cámara Básica	1.096	1.032	13	253	146	53.520	206.672	554	7	10.986
Doble Combustión 2.5 g/h	452	415	11	217	125	31.981	177.148	475	6	9.417
Pellets	42	42	17	108	92	9.619	129.479	347	5	-
Estufa Kerosene	10	10	118	72	-	20	89.875	13	1	-
Estufa a Gas Licuado	2	2	0	50	0	10	80.897	6	0	-
Estufa a Gas Natural	0	0	0	0	0	0	71.923	6	0	-
Estufa Eléctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cocina a Leña	2.370	2.212	40	419	220	189.912	310.009	830	11	71.201
Cocina a Gas Licuado	2	2	0	50	0	10	80.897	6	0	-
Cocina a Gas Natural	0	0	0	0	0	0	71.923	6	0	-

Fuente: Elaboración propia en base a MMA (2013a)

²⁰ O emisiones evitadas dado que son las emisiones que no se emitirán en el escenario con Plan.

²¹ Los Factores de emisión consideran la humedad de la leña del año base (3% seca, 97% semihúmeda).

7.6 Valores unitarios de beneficios

Tabla 16: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2027, escenario Normal.

		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
	<i>Cardiovascular</i>	0	49	49	49
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0	31	31	32
	<i>Neumonía</i>	0	0	0	34
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma 2</i>	1	0	0	0
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0	1	1	0
	<i>Días de actividad restringida</i>	0	0	0	0
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0	0	0	0

Fuente: (MMA 2011)

7.7 Coeficientes de riesgo unitario

En la Tabla 17 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 17: 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)

7.8 Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Plan de Descontaminación Atmosférica de Coyhaique
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	DS N°33/2012 MMA, Declara zona saturada por MP10. DS N°15/2016 MMA, Declara zona saturada por MP2,5. Resolución exenta N°1097/2016 MMA da inicio a proceso de elaboración de plan.
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término del AGIES	Junio 2017
	Alcance geográfico	Ciudad de Coyhaique
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo.
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos.
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	Sector residencial: Norma emisión calefactores (DS N°39 de 2012, MMA) Sector transporte: Norma de emisión para fuentes móviles (Revisión DS N°54 de 1994, DS N°55 de 1994, DS N°211 de 1991, Ministerio de Transporte)
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 17
	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 concentración anual por parámetro	Año 2027: MP _{2,5} 8,3 mg/m ³ N (Reducción plan Anteproyecto) Año 2027: MP _{2,5} 29,6 mg/m ³ N (Reducción total estrategia)
	Reducción de emisiones anuales por parámetro	Año 2027: MP _{2,5} : 1.121 ton/año (Reducción plan Anteproyecto) Año 2027: MP _{2,5} : 3.984 ton/año (Reducción total estrategia)
Años de evaluación	2015-2027	
Parámetros	Valor del dólar	672,4 pesos/dólar (Fecha: 24-05-2017. Banco Central de Chile)
	Valor de la UF	26.618 pesos/UF (Fecha: 24-05-2017. Banco Central de Chile)
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	Plan: 37 Total estrategia: 124
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	Plan: 51 Total estrategia: 201
	Valor actual neto en MM USD	Plan: 14 Total estrategia: 77