

36



**División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente**

00479

MEMORÁNDUM Nº81/2014

SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE	
OFICINA DE PARTES	
Nº INGRESO CORRELATIVO	5-120.
FECHA	29/5/14 HORA
TRAMITE	RT.
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA	

De : Sr. Rodrigo Pizarro Gariazzo
Jefe División de Información y Economía Ambiental

A : Sr. Sebastian Tolvett Caro
Jefe División de Calidad del Aire

Mat. : Envío del documento "AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas"

Fecha : 23 de Mayo, 2014

Junto con saludarlo, informo a usted que el Departamento de Economía Ambiental hace entrega oficial del documento "Análisis General de Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación Atmosférica para MP2.5 y Actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para MP10 - Temuco Y Padre Las Casas".

Dicho documento se adjunta a este memo.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

**RODRIGO PIZARRO GARIAZZO
JEFE DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AMBIENTAL**

SBP/PSA/lms

c.c.: Archivo División Información y Economía Ambiental
Roberto Martinez, División de Calidad del Aire
Marco Pichunman Cortes, Seremi IX Región

**ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PLAN DE
DESCONTAMINACION DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS POR MP10 y MP2.5**

*S. Briceño, R. Pizarro, P. Schulz***Mayo de 2014*

1. Antecedentes

Mediante el Decreto Supremo N° 2 de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró Zona Saturada¹ por Material Particulado Fino², como concentración de 24 horas, a las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Esta declaración de zona saturada, de conformidad con el procedimiento y etapas señaladas en el artículo 44 de la ley 19.300 y en el decreto supremo N° 39 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, da origen a la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica³ de Temuco y Padre Las Casas, en adelante PDA. Mediante este instrumento el Estado busca resguardar el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, señalado en el artículo 19 N° 8 de la Constitución, recuperando los niveles de concentración de MP2.5 por debajo de los niveles máximos establecidos en la normativa vigente.

La comuna de Temuco tiene una población estimada para el año 2014 de 325.303 habitantes, de lo que 308.306 corresponde a población urbana y 16.997 a población rural. Por su parte, Padre Las Casas posee 78.810, de los cuales 45.168 corresponden a población urbana y 33.642 a población rural al mismo año⁴.

Cabe destacar que desde el año 2010 se encuentra vigente en la zona un Plan de Descontaminación Atmosférica⁵ por excederse las concentraciones indicadas en la norma de MP10 como promedio de 24 horas. Las medidas consideradas en dicho plan se refieren al mejoramiento de la calidad de la leña, calidad de los artefactos que combustionan 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.

* División de Información y Economía Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente, Chile. Contacto: sbriceno@mma.gob.cl, rpizarrog@mma.gob.cl, pschulz@mma.gob.cl.

¹ Zona Saturada: Aquella en la que una o más normas de calidad ambiental se encuentra superada.

² La normativa para MP2,5 corresponde al D.S. 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece una concentración anual máxima permitida de 20 mg/m³N y una concentración diaria de 50 mg/m³N.

³ 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.

⁴ Proyecciones Censo 2002.

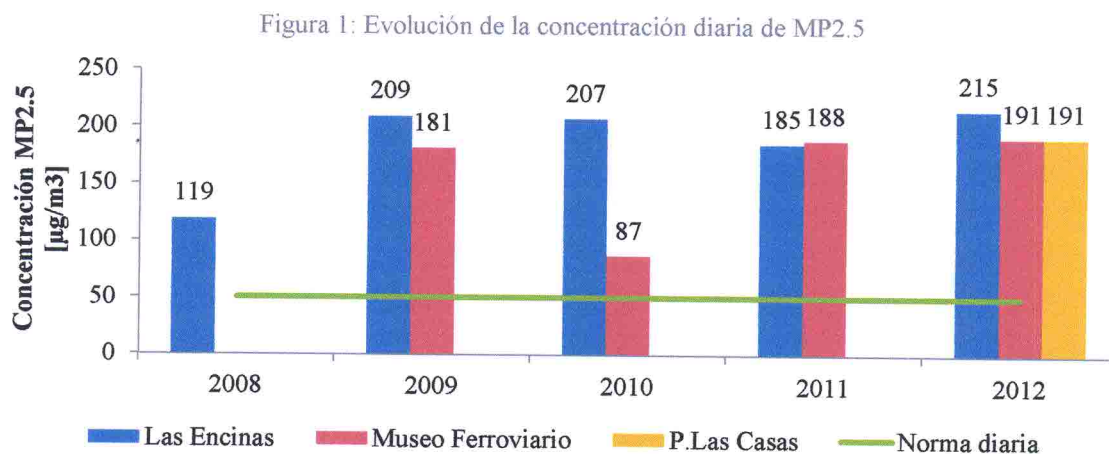
⁵ Establecido a través del D.S. N°78/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, publicado en el Diario Oficial el 03 de junio de 2010.

El proceso de actualización de dicho plan fue iniciado a través de la Resolución Exenta N° 976 del 14 de noviembre de 2013, publicada el 20 de diciembre del mismo año, la que señala que este procedimiento de actualización se acumularía con el de elaboración del plan por MP2.5.

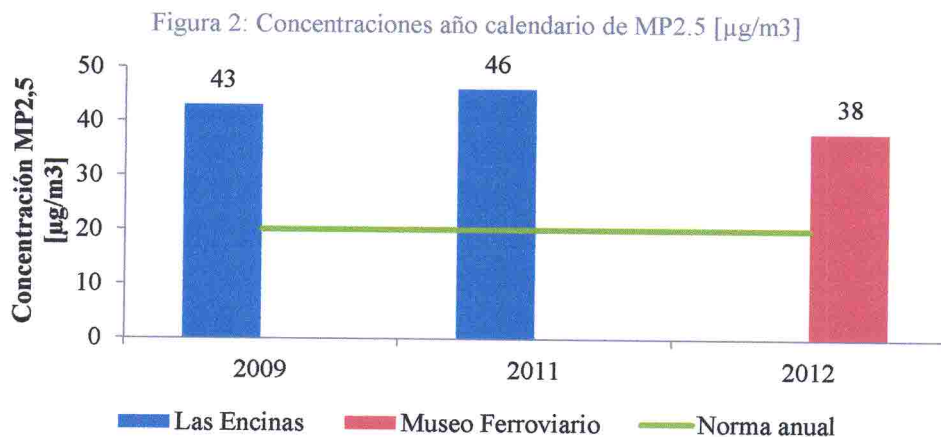
De este modo, la meta del presente plan es cumplir las normas de calidad tanto para MP10 como para MP2.5. Sin embargo, la normativa de MP10 es más laxa, por lo que el cumplimiento de la norma de MP2.5 siempre implicará el cumplimiento de la norma de MP10 y el presente análisis se enfoca en la métrica diaria del primero, al constituir la restricción más estricta en la zona.

Concentración de Material Particulado Fino

La Figura 1 muestra el valor de concentraciones diarias de MP2.5 desde el año 2008 hasta 2012 para las estaciones Las Encinas y Museo Ferroviario, evidenciándose para todos los años superación de la norma.



Fuente: Elaboración propia en base a Seremi del Medio Ambiente Región de la Araucanía.



Fuente: Elaboración propia en base a Seremi del Medio Ambiente de la región de la Araucanía.

Con respecto a la norma anual, no se tiene suficiente información para verificar el cumplimiento, debido a que ninguna estación de monitoreo cuenta con promedios de 3 años consecutivos para calcular el promedio trianual. Sin embargo, la Figura 2 sugiere que la norma anual también se encontraría superada.

Emisiones en Temuco y Padre Las Casas

En las comunas del presente plan, el mayor emisor corresponde al sector residencial, el que aporta más del 90% de las emisiones de MP2.5 debido a la combustión de biomasa. La Tabla 1 presenta el inventario de emisiones para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Tabla 1: Inventario de Emisiones Temuco y Padre Las Casas

Categoría	Sub-Categoría	MP ₁₀	MP _{2.5}	CO	NO _x	COV	SO ₂	NH ₃
Puntuales	Combustión Externa Puntual	135	102	213	211	9	526	50
	Industria Producción Minera	126	35	0	0	0	0	0
	Otras	76	39	22	15	209	1	3
	Total Puntuales	338	175	234	225	218	528	52
	Participación (%)	3%	2%	0%	5%	0%	86%	2%
Areales	Combustión Externa Residencial	11,008	10,703	121,015	449	62,275	69	356
	Quemas	255	220	1,913	50	173	3	2
	Otras	0	0	7	0	2,106	0	1,837
	Total Areales	11,262	10,923	122,934	500	64,554	72	2,196
	Participación (%)	84%	96%	75%	12%	93%	12%	95%
Móviles en Ruta	Total Móviles en Ruta	102	75	41,451	3,508	4,469	11	62
	Participación (%)	0.8%	0.7%	25.2%	82.1%	6.5%	1.9%	2.7%
Móviles fuera de Ruta	Total Móviles fuera de Ruta	1	1	168	38	9	4	0
	Participación (%)	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	0.0%	0.6%	0.0%
Fugitivas	Construcción y Demolición	63	0	-	-	-	-	-
	Polvo Resuspendido	1,457	153	-	-	-	-	-
	Preparación de Terrenos Agrícolas	162	109	-	-	-	-	-
	Total Fugitivas	1,682	261	-	-	-	-	-
	Participación (%)	12.6%	2.3%	-	-	-	-	-
TOTAL		13,385	11,436	164,787	4,271	69,249	615	2,310

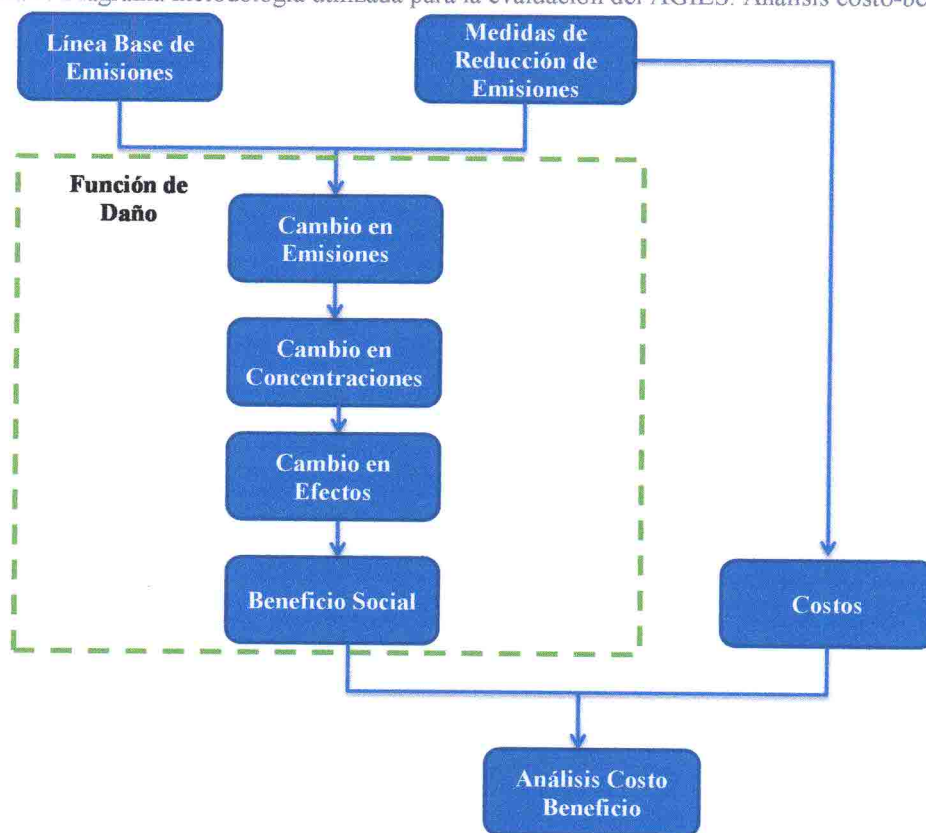
Fuente: (CENMA 2010), (MMA 2013a)

2. Método de Análisis

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 (Ver Boardman, Greenberg 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 económicos, sociales y medioambientales, que se resumen en beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado, tópicos que serán abordados en la presente sección.

Es importante considerar que los resultados del análisis costo-beneficio son tan solo un antecedente más para la toma de decisiones. Dada la existencia tanto de beneficios como de costos que no han sido valorizados, la decisión con respecto a la idoneidad de la política pública ambiental debe considerar este análisis sin transformar la efectividad económica en el único criterio para su aprobación (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996).

Figura 3. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio



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

2.1 Estimación de Beneficios

Los beneficios valorizados asociados a las medidas del plan corresponden a impactos en la salud de la población expuesta, producto de la disminución de concentración ambiental de

MP2.5 asociado a 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.

Por otro lado, no han sido evaluados beneficios en visibilidad, en materiales, efectos sobre ecosistemas, reducción de daños en árboles, 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 cobeneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*⁶.

La Tabla 2 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 2: 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.

Beneficios en Salud

Los beneficios en salud derivan de cambios en concentraciones de Material Particulado fino (MP2.5). Para estimar el cambio en la concentración de MP2.5 con respecto a un cambio en la emisión de un determinado contaminante (NO_x, COVs, SO_x, y MP), se debe estimar el factor de emisión-concentración o FEC para cada zona geográfica. 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 *roll back* simple (Noel de Nevers 1975; T. Y. Chang 1975), relacionando emisiones con concentraciones:

⁶ 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 atmosfera, con tiempo de residencia que va de días a semanas. Se asocia al aumento de la temperatura global.

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

Donde:

FEC_p : Factor emisión concentración para contaminante p, [(ton/año)/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)].

C_p : Concentración ambiental del contaminante p, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

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

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

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

Donde:

CT_{MP_i} : Concentración ambiental total de MP10 o MP2.5, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

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

Una vez obtenidos estos, el cambio en la concentración de un contaminante p, en este caso MP2.5; se estima como:

$$\Delta C_{MP2.5} = \sum_i \frac{\Delta E_i}{FEC_i}$$

Donde el subíndice i corresponde a MP2.5 (primario), NOx, COVs y SOx (precursores de MP2.5 secundario).

Para el presente plan de descontaminación, dada la baja importancia de los precursores de MP2.5 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 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:

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

Donde:

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

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

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

- P_{ijp} : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]
 Y_{0j} : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]

Al linealizar⁷ la expresión anterior de obtiene:

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

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

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

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

Donde:

- Beneficio_p : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p , en este caso MP2.5
 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 2011a).

2.2 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).

⁷ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

Se considera la inversión anualizada de acuerdo a su vida útil y los costos de operación y mantención. Los diferentes flujos de costos asociados a las diferentes medidas son llevados a valor presente.

A su vez, el valor presente de los costos corresponde a la sumatoria del costo medio de las medidas multiplicado por la reducción de emisiones asociada para cada periodo.

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

Donde:

- VP CT: Valor presente de los Costos Totales realizadas un horizonte de T años, para todas las medidas [\\$].
- Inversión_{m,t}: Inversión de la medida m realizada en el año t [\\$].
- Costos OyM_t: Costos de Operación y Mantención 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 [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].

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 plan de descontaminación.

Tabla 3: Resumen de medidas consideradas en la evaluación

Sector	Medida
Referidas al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos y leña	Norma emisión calefactores (línea base)
	Prohibición de uso de chimeneas (línea base)
	Requisitos para la comercialización de la leña y para su uso domiciliario
	Prohíbe el uso de artefactos a leña del tipo salamandras o cámara simple (3 años)
	Prohíbe uso calefactores que no cumplan norma (5 años) y cocinas (8 años)
	Programa de recambio de artefactos a leña
Mejoramiento Térmico de las viviendas	Subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes
	Aislación térmica viviendas nuevas
	Límite de emisión viviendas nuevas
Quemas	Prohibición quemas en radio de 5 km medido desde el perímetro urbano de Temuco y Padre Las Casas
Fuentes Fijas	Concentración máxima MP: 112 mg/m ³ N para fuentes existentes, 56 mg/m ³ N para fuentes nuevas (Línea base).

	Límite de emisión calderas (MP, SO ₂ , NO _x , Hg)
	Límite emisión calderas edificios institucionales
Transporte	Norma de emisión para fuentes móviles (línea base)
	Recambio de buses en el transporte público
GEC	Prohibición humos visibles calefactores (emergencia y pre emergencia)
	Paralización de Calderas potencia térmica mayor a 35 kWt

Fuente: Elaboración propia

Mayor detalle sobre las medidas y los resultados de la evaluación se presentan en las secciones 5.3 y 5.5 de Anexos.

En general no se evalúan medidas para las que no hay efectos directamente cuantificables o para las que no existe información de línea base disponible. En este caso las medidas no evaluadas corresponden a programas de educación, campañas comunicacionales, generación de estudios, programas de capacitación, entre otras. Mayor detalle de éstas se puede encontrar en la Sección 5.2 de Anexos.

3. Resultados

En esta sección se presentan las reducciones de emisiones asociadas al plan y las disminuciones en concentración atmosférica correspondientes. También se calculan los costos de implementación, ahorros en combustible y beneficios en salud asociados a la disminución de concentración de MP2.5.

Reducción de Emisiones y de Concentraciones

En la Tabla 4 se presentan las emisiones y concentraciones de MP2.5 de línea base asociadas a los sectores Residencial, Quemadas, Industria, Transporte y Fugitivas, así como las reducciones para el año 2025 derivadas de la implementación de las medidas del plan para dichos sectores.

Tabla 4: Reducción de emisiones y concentraciones de MP2.5 con respecto a la línea base, año 2025.

Sector	Línea Base 2025		Δ Año 2025		Reducción Sector	Reducción Total
	Emisiones [Ton/año]	Conc. [μg/m3]	Δ Emisiones [Ton/año]	Δ Conc. [μg/m3]	Δ Conc. [μg/m3]	Δ Conc. [μg/m3]
Residencial	6,943	28.3	5,903	24.10	85%	99%
Quemas	227	0.9	24	0.10	11%	0%
Industria	54	0.2	14	0.06	25%	0%
Transporte	34	0.1	5	0.02	15%	0%
Fugitivas	268	1.1	0	0.00	0%	0%
Total	7,525	31	5,946	24.3	79%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Fuentes fugitivas incluye polvo caminos, polvo generado en actividades de construcción, preparación de suelos agrícolas, entre otras.

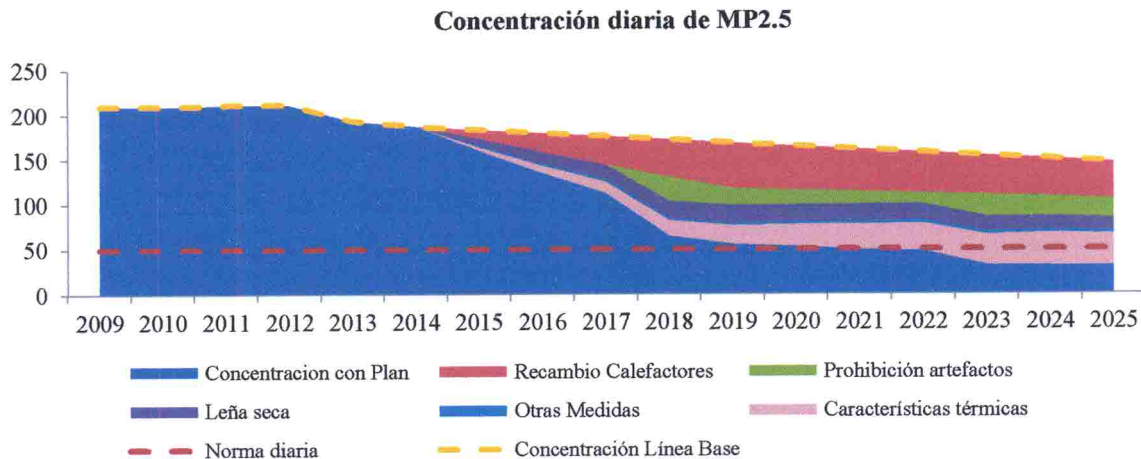
Se observa que el sector que reduce más emisiones es el Residencial, con 5,903 ton/año el año 2025. Esto se debe principalmente a la medida de recambio de equipos de calefacción, que considera un total de 27,000 equipos recambiados en un plazo de 5 años y una reducción de emisiones del sector de un 36%. Luego, el reacondicionamiento térmico de viviendas existentes da cuenta de un 29% de la reducción de emisiones dentro del sector residencial, la que implicaría cuatro mil subsidios al año, teniéndose al año 2025 cuarenta mil viviendas reacondicionadas, lo que disminuiría considerablemente la demanda energética y por lo tanto el consumo de leña y las emisiones. Luego, la medida de Prohibición Gradual de calefactores que no cumplen norma, incluyendo la prohibición de cocinas a leña, daría cuenta del 18% de las reducciones del sector.

Por su parte, los sectores de Quemadas, Industria y Transporte, si bien tienen reducciones importantes comparadas con sus emisiones de línea base, su aporte es marginal si se compara con el sector Residencial.

Efectos en Calidad del Aire

La Figura 4 y Figura 5 presentan la reducción estimada de concentración atmosférica de MP2.5, en su métrica diaria y anual respectivamente, asociada a las distintas medidas establecidas en el anteproyecto.

Figura 4: Evolución de concentración diaria de MP2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.

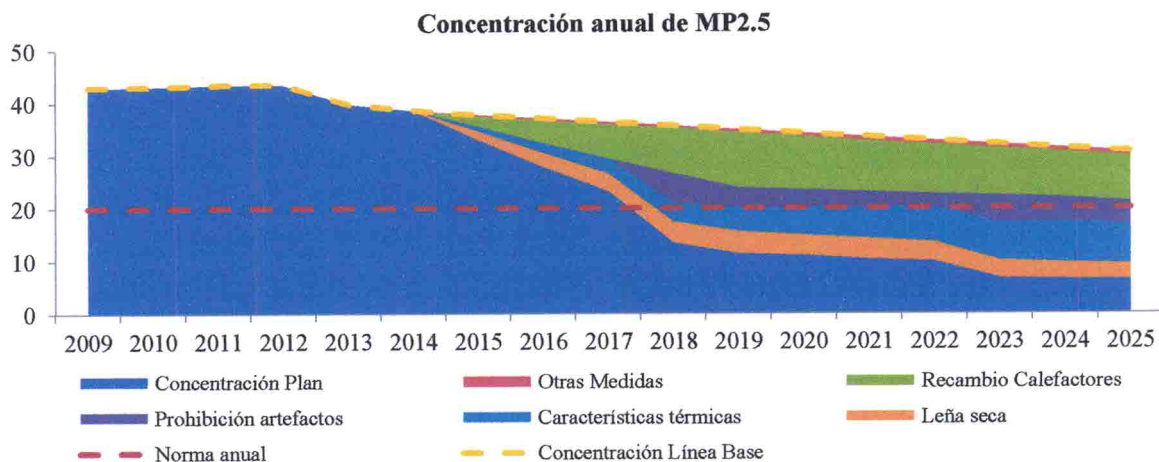


Fuente: Elaboración propia en base a (GreenLabUC 2013), (MMA 2013a).

Otras medidas incluye: Límite de emisión de viviendas nuevas, prohibición de quemas, límite de emisión calderas (institucionales y otras) y programa de recambio de buses de transporte público.

En el caso de Temuco y Padre Las Casas, la norma diaria se ve ampliamente sobrepasada, mientras que la concentración anual, si bien es alta, no es la restricción activa, ya que el problema de la contaminación alcanza una situación crítica durante el invierno, mientras que en verano la calidad del aire mejora sustancialmente.

Figura 5: Evolución de concentración anual de MP2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.



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

Otras medidas incluye: Límite de emisión de viviendas nuevas, prohibición de quemas, límite de emisión calderas (institucionales y otras) y programa de recambio de buses de transporte público.

De la Figura 4 y Figura 5 se puede observar el aporte de los diferentes sectores regulados en la disminución de concentración de MP2.5, diario y anual respectivamente. El programa de recambio de calefactores es la medida con un mayor impacto, seguida por los subsidios de aislamiento térmica, la prohibición gradual de calefactores que no cumplen norma y el uso de leña seca.

Se estima que la norma diaria podría cumplirse a partir del año 2021, mientras que la normativa anual se alcanzaría el año 2018.

Mayor detalle de las medidas y sus reducciones de emisión se encuentra en las secciones 5.3 y 5.5 de Anexos.

Episodios Críticos

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para MP2.5 se establecen en el DS12 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 5.

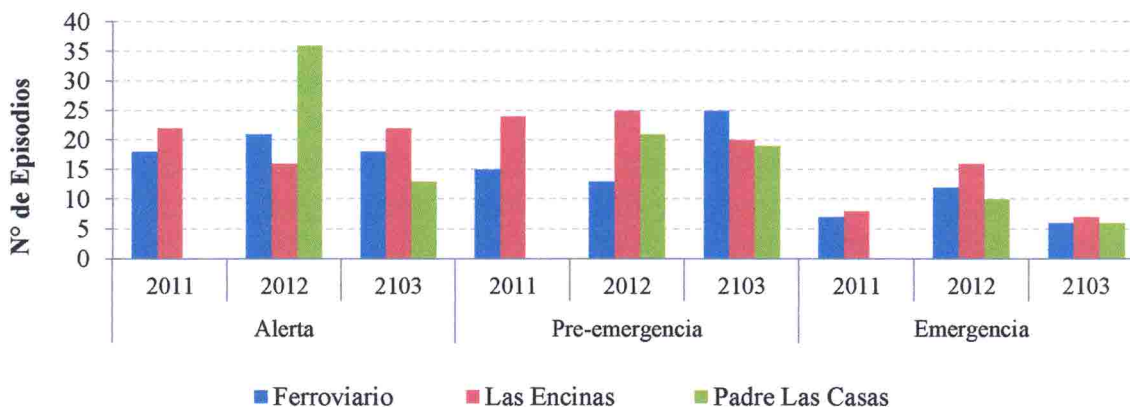
Tabla 5: Rangos de Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] para episodios críticos por MP2.5

Nivel	Concentración 24 horas MP2.5
Alerta	80-109
Preemergencia	110-169
Emergencia	170 o superior

Fuente: DS12 del año 2011, MMA

La Figura 6 muestra el número de episodios críticos según estación de monitoreo para las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Cabe mencionar que la normativa establece que las metodologías de pronóstico y las medidas de gestión durante estos episodios deben ser definidas en los respectivos planes de descontaminación o prevención.

Figura 6: Número de episodios críticos por MP2.5 por estación de monitoreo



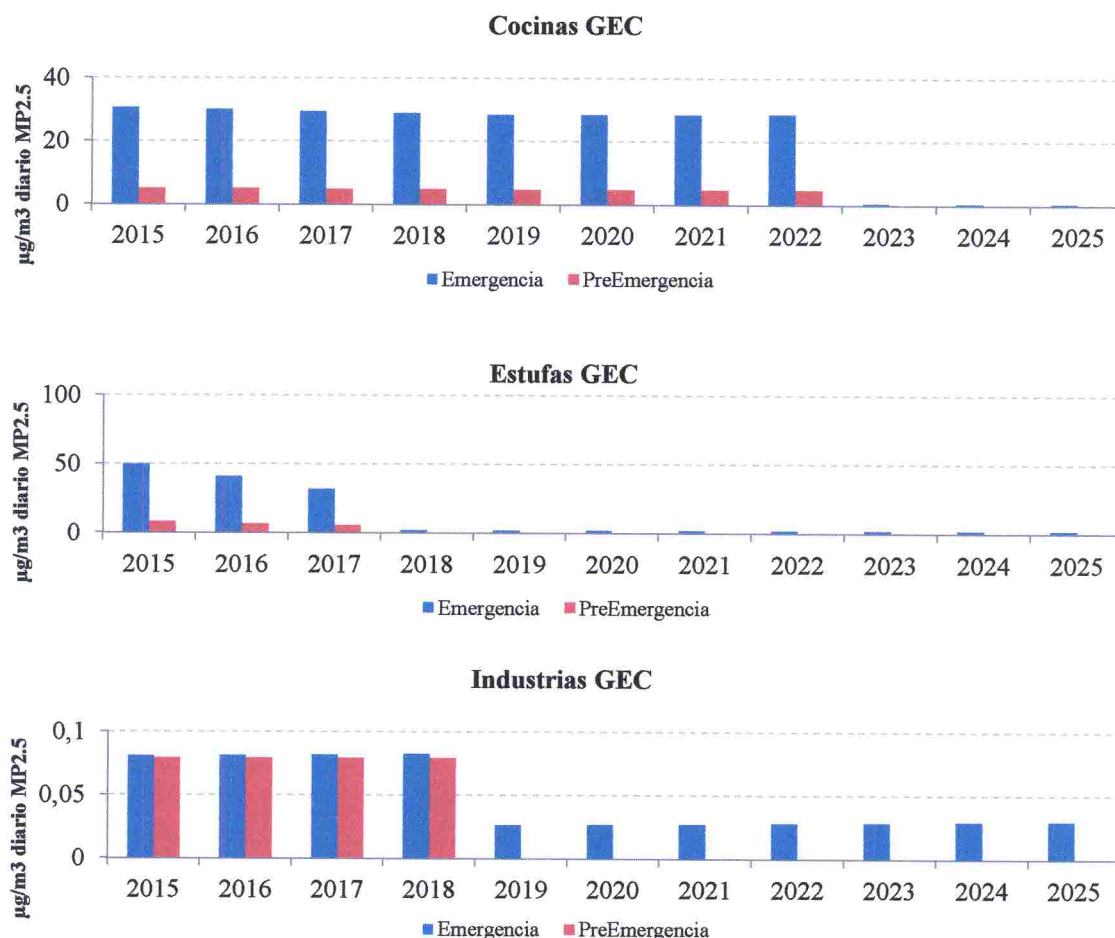
Fuente: Elaboración propia en base a SEREMI Medio Ambiente, Región de la Araucanía

Nota: Episodios contabilizados en base a promedios diarios, no a promedios móviles.

En el caso del presente plan de descontaminación, las medidas establecidas para episodios críticos que implican reducción de emisiones corresponden a la prohibición de humos visibles de calefactores y cocinas a leña y a la paralización de fuentes fijas (mayor detalle de las medidas se encuentra en la sección 5.3 de Anexos).

En la Figura 7 se puede observar que las medidas estructurales del plan, de recambio de calefactores y límite de emisión de industrias, hacen que las medidas de gestión de episodios críticos afecten a una menor cantidad de fuentes a medida que van siendo implementadas y por lo tanto la gestión de episodios críticos será más relevante durante los primeros años del plan. A su vez, la ocurrencia de episodios irá disminuyendo en el tiempo con la implementación de las distintas medidas contempladas en el plan de descontaminación.

Figura 7: Reducción de concentración diaria de MP2.5 para un episodio crítico



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

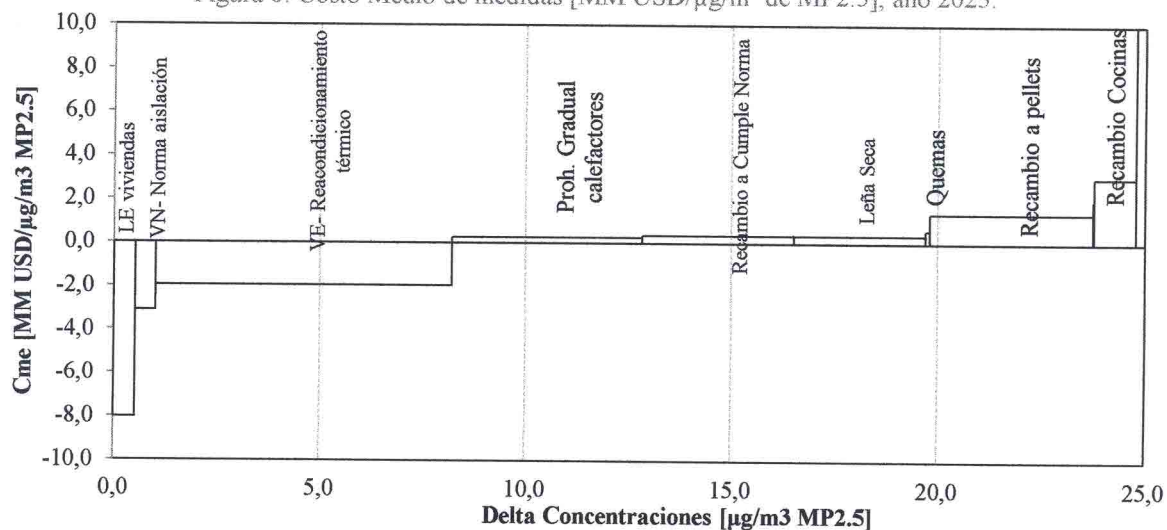
Cabe mencionar que las medidas asociadas a los episodios críticos no se contabilizan en los resultados del plan, ya que no corresponden a reducciones de emisión predecibles ni permanentes en el tiempo.

Indicadores Económicos

En la Figura 8 se presentan las medidas evaluadas, ordenadas de acuerdo a su costo medio en millones de dólares por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5 reducido. Este costo considera la inversión realizada y el diferencial de costos de operación y mantenimiento.

Utilizando los datos de MINVU (2007), el mejoramiento térmico de las viviendas, tanto nuevas como existentes, corresponde al grupo de medidas más costo efectivas, generando un ahorro neto para el sector residencial, al contabilizar el menor consumo de leña derivado de la disminución en la demanda energética de viviendas con mejores estándares de aislación. Al mismo tiempo estas medidas tendrían un alto potencial de reducción de concentración, aportando alrededor de un 30% de la reducción del plan.

Figura 8: Costo Medio de medidas [MM USD/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5], año 2025.



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

El gráfico considera la inversión, costos variables y ahorros de operación anualizados, sin incluir los beneficios en salud. Los valores corresponden al año 2025, en que todas las medidas establecidas se encuentran vigentes. **Notas:** VN: vivienda nueva, VE: vivienda existente, LE: Límite de emisión. Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salamandras, 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.

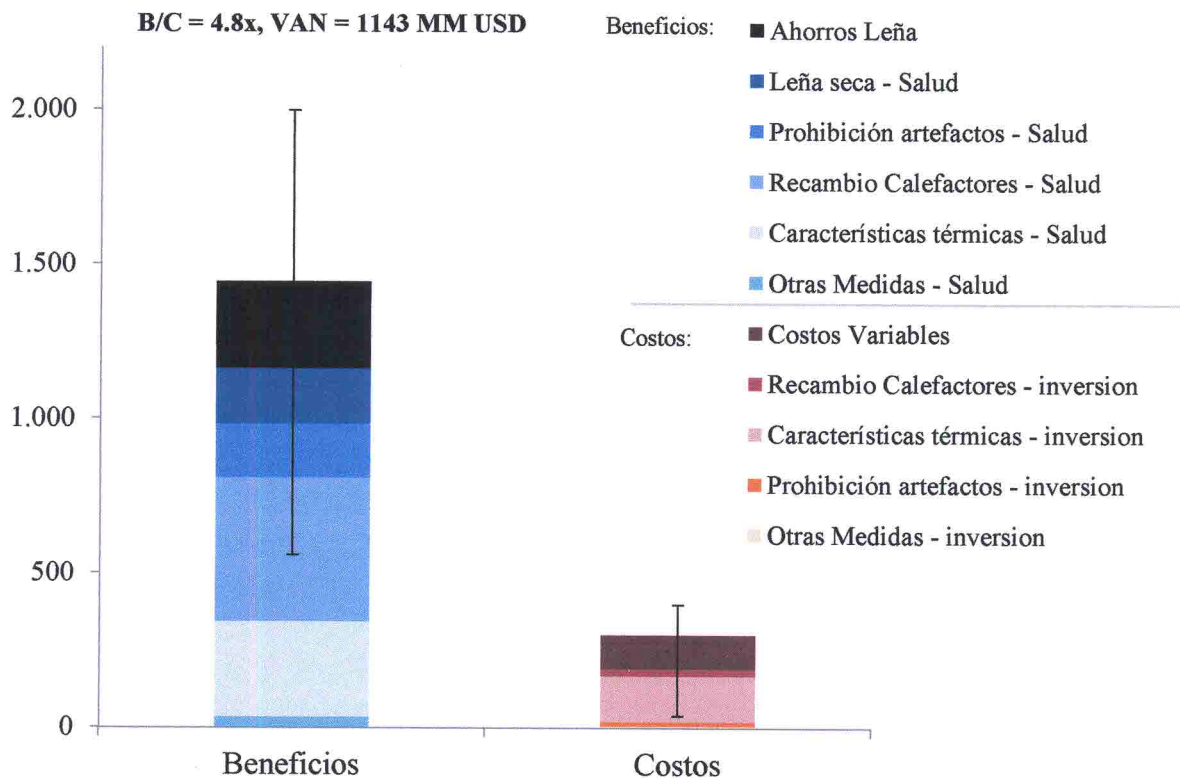
Las medidas orientadas a mejorar el parque de equipos de calefacción, en su conjunto, dan cuenta de más de la mitad de la reducción de concentración de material particulado fino, con costos medios entre 0.3 y 3.1 millones de dólares por unidad de concentración. El mayor costo del recambio de cocinas se explica por el costo adicional de una cocina a gas en las viviendas que no posean una.

Las medidas asociadas a quemadas, programa de recambio de buses y límites de emisión para calderas tienen un impacto menor en reducción de concentración. En conjunto aportan con 0.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2.5 al año 2025.

Finalmente, la leña seca es también una medida efectiva en la reducción de concentración del MP2.5, pues afecta a todo el parque de equipos a leña, alcanzando una reducción de 3 µg/m³ de MP2.5 para el año 2025.

Por otro lado, la Figura 9 y Figura 10 presentan el valor presente de los beneficios y costos asociados a la implementación del plan, así como la distribución de estos entre estado, privado, emisores y población en general.

Figura 9: Valor presente de beneficios, costos, beneficio neto y razón B/C (MMUSD)



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, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF⁸. 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 2030. Costos Variables corresponde a los mayores costos de la leña seca, del uso de pellets, los costos de prohibición de quemas y costos de abatimiento en calderas industriales e institucionales.

El agregado de medidas asociadas al plan implica un beneficio social neto de 1,143 millones de dólares durante el periodo de evaluación, con beneficios cerca de 5 veces mayores que los costos.

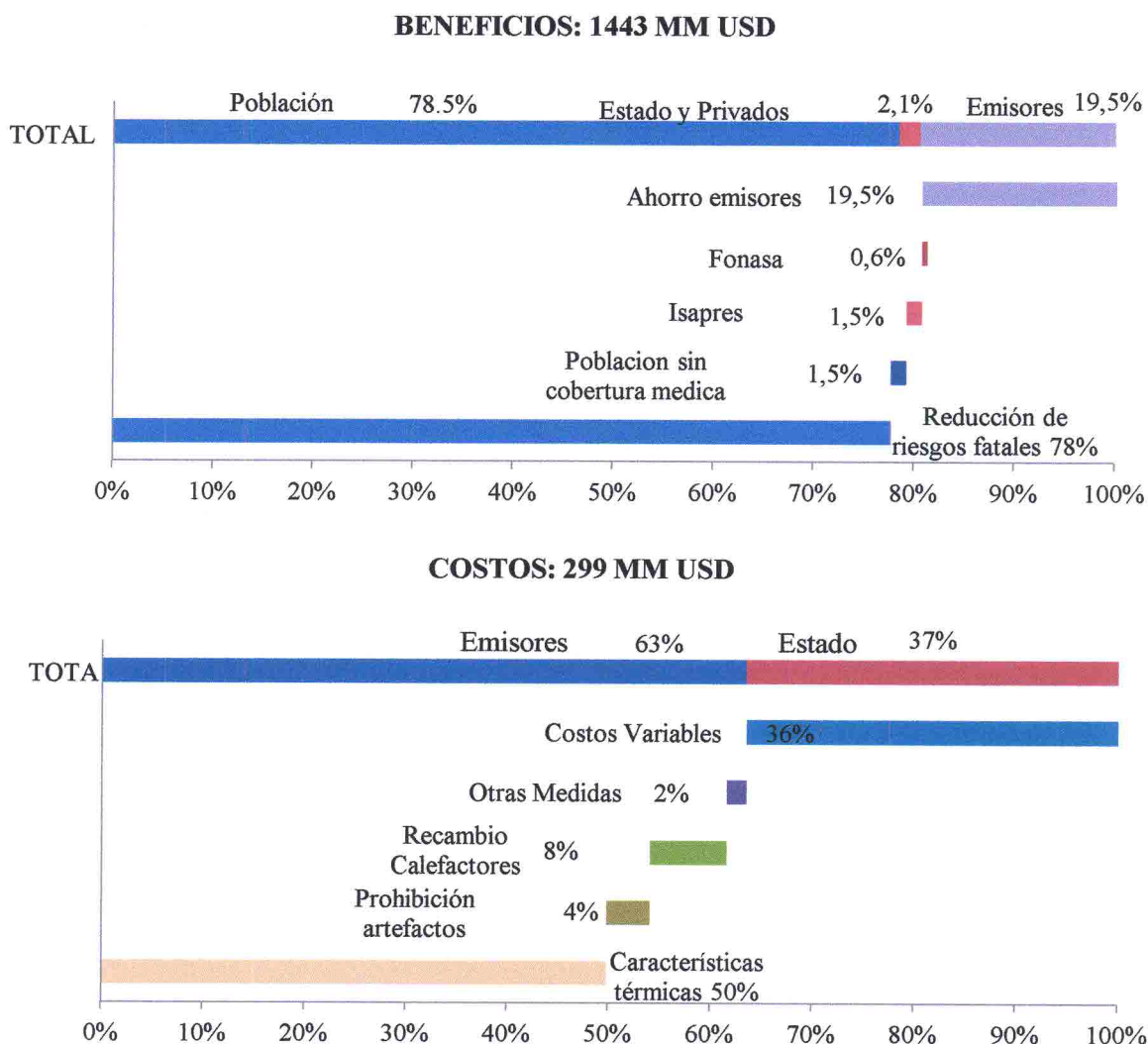
⁸ MMA (2012b). Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de AGIES, Preparado por GreenLabUC, Licitación Pública 608897-143-LE11, para Ministerio del Medio Ambiente.

Se puede observar que los beneficios en salud asociados a las distintas medidas dan cuenta del 81% de los beneficios del plan, destacando el aporte de las medidas del sector residencial, ya que implican las mayores reducciones de emisiones.

A su vez, dentro de los beneficios en salud, la reducción de riesgos fatales refleja más del 95% de los beneficios en salud, mientras que el resto se divide en los costos evitados en el tratamiento de enfermedades y productividad perdida.

La medida del plan con mayores costos corresponde a los subsidios de aislación térmica, que da cuenta del 50% de estos, debido al alto número de subsidios y al alto costo de cada uno. En segundo lugar están los costos variables con un 36% del costo total, que incluye los costos de abatimiento de calderas (calculado utilizando costos medios por tonelada), mayores costos de operación del uso de pellets, mayor costo de la leña seca y el costo de la prohibición de quemas agrícolas.

Figura 10: Distribución de beneficios y costos



Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 10 se desprende que gran parte de los beneficios se asocian a la población, debido a mortalidad evitada, y a los emisores, por ahorros derivados de mayor eficiencia de los equipos nuevos y menor demanda energética asociada a la aislación térmica, dando cuenta de casi el 98% de los beneficios.

Con respecto a los costos, el estado financia un 37%, por concepto de subsidio a los recambios de calefactores y subsidios de aislación térmica. La sección 0 de Anexos muestra una tabla con los fondos que necesitaría aportar cada año el Estado. Por su parte, los emisores financian el 63% restante, sin embargo, al contrastar con los beneficios que derivan del plan, se obtiene un beneficio neto.

Casos Evitados

Para entender mejor los beneficios en salud presentados, se muestra el número de casos evitados por tipo de evento para el año 2025 debido a la menor concentración esperada de MP2.5. A su vez, los coeficientes de riesgo unitario utilizados y los valores unitarios por evento se presentan en la sección 5.1 de Anexos.

Cabe destacar los casos evitados de mortalidad, los que se estiman en 177 para el año 2025 y en 1,491 entre los años 2015 y 2025.

Tabla 6: Número de casos evitados año 2025 [casos/año]

Evento	Tipo	Per50	IC90
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	177	[113 - 261]
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	10	[8 - 13]
	<i>Cardiovascular</i>	70	[54 - 86]
	<i>Respiratorias crónicas</i>	12	[-5 - 28]
	<i>Neumonía</i>	30	[13 - 47]
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	6,821	[2,230 – 11,413]
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	43,107	[38,370 – 46,820]
	<i>Días de actividad restringida</i>	191,384	[181,940 – 203,971]
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	370,030	[321,607 – 393,371]

Fuente: Elaboración propia en base a (MMA 2011c), (MMA 2013a)

4. Conclusiones

Las comunas de Temuco y Padre Las Casas evidencian una amplia superación de la norma diaria de MP2.5, observándose valores de alrededor de 4 veces la normativa vigente. Para la normativa anual, si bien no existen datos suficientes para proceder a una declaración de zona saturada, los datos sugieren que también se encontraría sobrepasada.

En esta zona, el mayor emisor de MP2.5 corresponde al sector residencial, debido a la amplia utilización de leña para calefacción, dando cuenta de más de un 90% 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, calderas industriales e institucionales, y asociadas a fuentes móviles.

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 cuando se reducía su consumo de combustible.

Del análisis se desprende que el beneficio social neto del plan es de 1,143 millones de dólares en valor presente. Estos beneficios se concentran principalmente en la reducción de riesgos fatales, siendo alrededor de un 78% 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% de la reducción de concentración de MP2.5.

Los costos totales se estiman en 299 millones de dólares. Las medidas de mejoramiento térmico tienen los menores costos medios, generando ahorros netos. Los demás sectores tienen un costo medio mayor, esto es, cada unidad de concentración reducida es más costosa. Los emisores son quienes deben financiar la mayor parte del plan, alcanzando un 63%, sin embargo, obtienen también ahorros y beneficios en salud que agregados derivan en beneficios netos. El Estado financia un 37% de los costos, otorgando subsidios de aislación térmica y de recambio de calefactores.

Respecto a la concentración alcanzada con el plan, la zona lograría salir de la saturación por norma diaria de MP2.5 en el año 2021 y en el caso de la norma anual, se llegaría a niveles por debajo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2018.

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.

Como ya se indicó, es importante recalcar que los resultados de este análisis deben ser tan solo un antecedente más para la toma de decisiones, pero se debe recordar que es función del Estado velar por el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación y tutelar la preservación de la naturaleza.

5. Anexos

5.1 Parámetros Utilizados

Valores Unitarios

Tabla 7: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2014, escenario Normal

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	14,920	14,920	14,920	14,920
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	26	28	28	0
	<i>Cardiovascular</i>	0	56	56	56
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0	36	36	37
	<i>Neumonía</i>	0	0	0	40
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</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 2011c)

Coefficientes de Riesgo Unitario

En la Tabla 8 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 8: Coeficientes de riesgo unitario para MP2.5

		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 2011c)

5.2 Medidas no Evaluadas

La Tabla 9 detalla las medidas que no han sido evaluadas.

Tabla 9: Medidas del plan no evaluadas

Sector	Medida
Uso y mejoramiento de la calidad de la leña	Prohibición de quemar en los calefactores carbón mineral, maderas impregnadas, residuos o cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera
	Permiso especial de la municipalidad para comerciantes de leña
Uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos	Prohibición del uso de calefactores unitarios a leña, en todos los órganos de la Administración del Estado (18 meses)
	Prohibición del uso de calefactores unitarios a leña en los establecimientos comerciales, restaurantes, pubs, hoteles y oficinas comerciales y de servicios (1 año)
	Implementación de una oficina específica para recambio de calefactores y cocinas a leña
	Sistema de registro de calefactores y cocinas a leña
Térmicas	Sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña
	Calificación Energética para toda vivienda nueva y edificaciones que se construyan en la zona saturada
Emisiones de viviendas y proyectos	Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda orientado a técnicos y obreros del área de la construcción
	Todo conjunto de viviendas nuevas, proyectadas para la zona saturada de Temuco y Padre Las Casas, deberán acreditar que en la fase de operación las emisiones del conjunto de viviendas, no superará el límite de emisión de 0,3 ton/año de material particulado
Transporte	Proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo en la zona saturada
	Reducir las emisiones de MP y NOx provenientes del sistema de transporte público en un 40% y 35% en un plazo de 7 años.
Fuentes Fijas	Incorporación en las bases de licitación para las concesiones de plantas de revisión técnica de la Región de la Araucanía la exigencia de implementar la primera fase del ASM (Acceleration Simulation Mode).
	Registro de calderas de potencia igual o superior a 25 kWt calefacción grupal intermedias de uso domiciliario o comercial
Otros	Requisitos monitoreo de emisiones
	Campañas o planes comunicacionales (episodios críticos, prohibiciones quemar, etiquetas etc.)
	Programas de capacitación, de apoyo o de fomento, estudios, charlas informativas, programa de buenas prácticas agrícolas
Compensación de Emisiones	Programa de arborización urbana que considere la plantación y establecimiento de al menos 3.000 árboles anuales.
	Aquellos proyectos o actividades, incluidas sus modificaciones, que se sometan al SEIA, y que, directa o indirectamente generen emisiones respecto de su situación base, iguales o superiores a 1 ton/año de MP10, o de 0,5 ton/año de MP10 tratándose de edificios que consulten calderas de calefacción grupal, deberán compensar sus nuevas emisiones en un 120%.
Gestión de Episodios Críticos	Medidas que no impliquen directamente reducción de emisiones no serán evaluadas.

Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférica para las Comunas del Temuco y Padres Las Casas

5.3 Fichas de Medidas Evaluadas

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.		
	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 de evaluación	Vida útil equipos de calefactor: 20 años Se puede abastecer 10 m2/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, si no que se consideran parte de la línea base.		
Referencias Bibliográficas	Nch3173-2009, FE: (DICTUC 2008).(MMA 2013a)		

Requisitos para la comercialización de la leña y para su uso domiciliario								
Descripción	Comercialización de leña que cumpla la NCh 2907/2005 del INN, esto es, con un contenido de humedad menor o igual al 25% en base seca. A su vez, se prohíbe el uso domiciliario de leña que no cumpla con los mismos requisitos. Plazo: Desde publicación en el Diario Oficial							
Supuestos de evaluación	Precio de la leña (\$/Kg): 0.00227 UF/Kg = 1 UF/m3							
	Costo secado leña semi-húmeda: 0.182 UF/m3							
	Costo secado leña húmeda: 0.363 UF/m3							
	Densidad Leña: Seca 411 kg/m3, semi-húmeda: 432 kg/m3, húmeda: 453 kg/m3							
	Humedad de la leña: seca: 25%, semi-húmeda: 30%, húmeda: 40%							
	Humedad considerada de línea base:							
		2009	2010	2011	2012	2013	2014 ... 2030	
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%		
Semi húmeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%		
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%		
Humedad alcanzada con la medida:								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
Seca	45%	55%	65%	65%	75%	80%		
Semi húmeda	40%	30%	20%	25%	15%	10%		
Húmeda	15%	15%	15%	10%	10%	10%		

Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe
		Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
	Leña Seca	741	3.03	179	0	6.93	0.39
Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.							
Referencias Bibliográficas	(Universidad De Chile 2009; MMA 2013a),						

Prohibición Gradual de Calefactores							
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Se prohíbe el uso de calefactores a leña del tipo salamandras o cámara simple dentro del límite urbano de la zona saturada Plazo: 3 años luego de publicado el PDA en el Diario Oficial Prohíbe el uso de todo calefactor que no cumpla y acredite los valores de la Norma de Emisión de Material Particulado para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y derivados de la madera, D.S. N° 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente. Plazo: 1 de Enero de 2020 años luego de publicado el PDA en el Diario Oficial Se prohíbe el uso de cocinas a leña dentro del límite urbano de la zona saturada Plazo: 8 años luego de publicado el PDA en el Diario Oficial 						
Supuestos de evaluación	<p>Vigencia a partir de 2018, 2020 y 2023. Se asume un cumplimiento de un 80%</p> <p>Valor calefactor: 15.5 UF/eq Vida útil equipos de calefacción: 20 años La prohibición de chimeneas es parte de la línea base.</p>						
Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe
		Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
	Proh. Gradual calefactores	1,059	4.32	176	7	12.99	0.25
Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. 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 de la Región de la Araucanía ejecutará un programa de recambio voluntario de artefactos existentes (calefactores y cocinas) que combustionen leña o derivados de la madera Vigencia: desde la publicación del PDA.					
Supuestos de evaluación	27 mil recambios en cinco años (2015-2019): 2.400 por equipos que cumplen norma y 2.400 por equipos que utilicen pellets cada año. Recambio cocinas: 600 equipos por año. Valor equipo cumple norma: 15.5 UF/eq Valor equipo pellet: 44.13 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: 20 años Recambios de cocina: un 37.4% considera incorporar un equipo que cumple norma y una cocina a gas. El porcentaje restante (62.6%) no considera instalación de una cocina a gas, dado que ya la posee. Copago beneficiario: 25% para equipos que cumplen norma y 10% para pellets.					
Resultados	Medida	Reducción MP2.5	Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe
		Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
	Recambio a Cumple Norma	908	3.71	198	0	6.76
	Recambio a pellets	974	3.98	212	0	37.28
	Recambio Cocinas	247	1.01	55	0	21.66
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.					
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013a)					

Mejoramiento Térmico de las Viviendas

Subsidio al acondicionamiento térmico de las viviendas existentes	
Descripción	La SEREMI de Vivienda y Urbanismo entregará al menos 2.000 subsidios anuales para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes bajo el Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Asimismo, entregará al menos 2.000 subsidios para viviendas existentes que no objeto del PPPF. Se deberá dar cumplimiento al menos a los siguientes parámetros adicionales a la normativa vigente en la zona: <ul style="list-style-type: none"> - Transmitancia térmica para el Complejo de Muros Perimetrales con $U \leq 0,35$ W/m2K - Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre con $U \leq 0,28$ W/m2K - Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados con $U \leq 0,35$ W/m2K - Transmitancia térmica para ventanas con $U \leq 3,6$ W/m2K

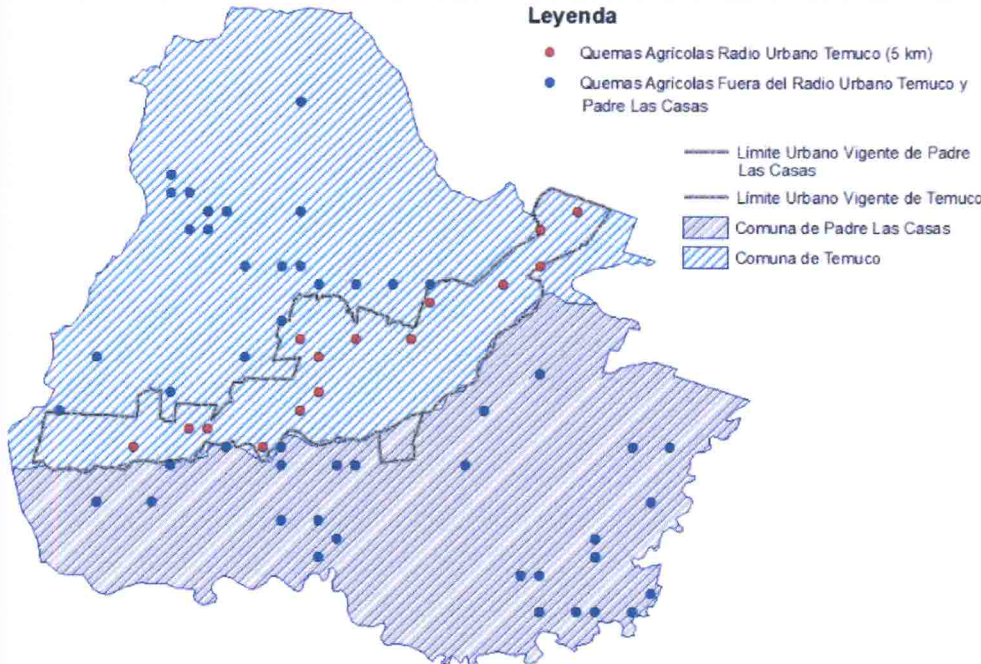
	<ul style="list-style-type: none"> - Sellado de infiltraciones de aire en puertas y ventanas. - Extracción forzada de aire en baño y cocina, permitiendo un mínimo de 1 renovación de aire por hora. 																					
Supuestos de evaluación	<p>Vida útil Aislación Térmica: 25 años. Subsidios desde el año 2015 a 2024, con un total de 40.000 subsidios en 10 años. Doble vidriado con U de 3.6 W/m²K Costos: Ecuaciones de costos en función de ΔU. Los costos totales varían por tipología de vivienda, en promedio 155 UF/vivienda, con un subsidio promedio de 101 UF y un copago promedio de 54 UF. Se asume subsidio de 100% en viviendas PPPF y de 30% en viviendas que no son objeto del PPPF. No se evalúa sellado de infiltraciones, extracción de aire en baño y cocina ni superficie de ventanas por orientación.</p> <p><u>Línea base de subsidios:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año Asignación</th> <th>Año Ejecución</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008</td> <td>2009</td> <td>504</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>2010</td> <td>2,686</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>2011</td> <td>1,102</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>2012</td> <td>1,664</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>2013</td> <td>3,513*</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>2014</td> <td>531**</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Proyectados, ** Diferencia para llegar a los 10,000 subsidios Fuente: (GreenLabUC 2013)</p>	Año Asignación	Año Ejecución	Cantidad	2008	2009	504	2009	2010	2,686	2010	2011	1,102	2011	2012	1,664	2012	2013	3,513*	2013	2014	531**
Año Asignación	Año Ejecución	Cantidad																				
2008	2009	504																				
2009	2010	2,686																				
2010	2011	1,102																				
2011	2012	1,664																				
2012	2013	3,513*																				
2013	2014	531**																				
Resultados	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficios Salud</th> <th>Ahorro</th> <th>Costo Total</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>μg/m³</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/μg/m³ MP2.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VE-Reacondicionamiento térmico</td> <td>1,713</td> <td>6.99</td> <td>286</td> <td>208</td> <td>127.22</td> <td>-2.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p>	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe	Ton/año	μg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m ³ MP2.5	VE-Reacondicionamiento térmico	1,713	6.99	286	208	127.22	-2.01	
Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe																
	Ton/año	μg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m ³ MP2.5																
VE-Reacondicionamiento térmico	1,713	6.99	286	208	127.22	-2.01																
Referencias Bibliográficas	(MINVU 2007), (MMA 2013a), (GreenLabUC 2013)																					

Aislación térmica viviendas nuevas																					
Descripción	<p>Las viviendas nuevas que se construyan en la zona saturada deberán acreditar el cumplimiento de los siguientes estándares:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muro</th> <th>Piso Ventilado</th> <th>Ventanas</th> <th>Techumbre</th> <th>Puentes Térmicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U</td> <td>U</td> <td>U</td> <td>U</td> <td>R100</td> </tr> <tr> <td>W/m²K</td> <td>W/m²K</td> <td>W/m²K</td> <td>W/m²K</td> <td>(m²C/W) *100</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>0,35</td> <td>3.6</td> <td>0,28</td> <td>93</td> </tr> </tbody> </table> <p>El porcentaje máximo de superficie de ventanas por orientación deberá corresponder al siguiente, dependiendo del tipo de ventana a utilizar, la que en ningún caso podrá ser de vidrio simple.</p>	Muro	Piso Ventilado	Ventanas	Techumbre	Puentes Térmicos	U	U	U	U	R100	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	(m ² C/W) *100	0,35	0,35	3.6	0,28	93
Muro	Piso Ventilado	Ventanas	Techumbre	Puentes Térmicos																	
U	U	U	U	R100																	
W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	(m ² C/W) *100																	
0,35	0,35	3.6	0,28	93																	

	DVH: 3,6 > U > 2,4 W/m2K				DVH: U < 2,4 W/m2K			
	N	S	O-P	POND	N	S	O-P	POND
	60%	20%	37%	20%	85%	40%	75%	35%
	<p>Las viviendas deberán contemplar ventilación mecánica centralizada, dimensionada a través de la norma NCh 3308 o NCh 3309, según corresponda.</p> <p>Las infiltraciones de aire de la vivienda no deberán superar las 7 ach medidas a 50Pa. Las ventanas y puertas no deberán superar las 10 m3/h m2 medidas a 100Pa.</p> <p>Plazo: 12 meses luego de publicado el PDA en el Diario Oficial</p>							
Supuestos de evaluación	<p>Vida útil Aislación Térmica: 25 años.</p> <p>Supuesto: Vigente desde 2016</p> <p>Doble vidriado de 3.6 W/m2K</p> <p>La restricción de superficie de ventanas por orientación no fue evaluada, debido a la falta de información de línea base. No se evalúan medidas de infiltraciones.</p> <p>Costos: Ecuaciones de costos en función de ΔU.</p>							
Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe	
		Ton/año	μg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m3 MP2.5	
	VN- Norma aislación	127	0.52	22	32	22.32	-3.30	
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.							
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)							

Límite de emisión viviendas nuevas							
Descripción	<p>Toda vivienda nueva deberá acreditar que en la fase de operación no sobrepasará, el límite de emisión de 2,4 kg/año de MP2.5.</p> <p>Plazo: 12 meses desde publicado el PDA en el Diario Oficial</p>						
Supuestos de evaluación	<p>La emisión de 2.4 kg/año de MP2.5 corresponde a una vivienda de 81 m2 (tipología 6 MINVU), con aislación térmica correspondiente Zona 6, sin termo panel, con una demanda de calor de 21,074 grados hora, nivel de hermeticidad igual a 1 ACH, utiliza calefactor de doble cámara de 1.5 g/h y leña seca con poder calorífico de 13.9 MJ/Kg.</p> <p>Costos: Ecuaciones de costos en función de ΔU.</p>						
Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe
		Ton/año	μg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m3 MP2.5
	LE viviendas	133	0.54	25	30	3.13	-8.31
	* Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.						
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013)						

Quemas Agrícolas, Forestales y Domiciliarias

Quemas																					
Descripción	<p>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 las comunas de Temuco y Padre Las Casas, forestal en un radio de 5 km medido desde el perímetro urbano de las comunas de Temuco y Padre Las Casas, durante todo el año.</p> <p>Se prohíbe en la zona saturada la quema libre de hojas secas y de todo tipo de residuos en la vía pública o en recintos privados. Plazo: una vez publicado el PDA en el Diario Oficial</p>																				
Supuestos de evaluación	<p>Sólo se consideran los datos reportados a CONAF como quemas legales (no se consideran quemas ilegales ni incendios forestales), por lo que esta medida podría tener un potencial de reducción de emisiones mayor. A partir de la georreferencia de predios de la base de datos de CONAF, se estimó que el 35% de las quemas ocurren en el radio establecido.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Quemas Agrícolas Radio Urbano Temuco (5 km) ● Quemas Agrícolas Fuera del Radio Urbano Temuco y Padre Las Casas — Limite Urbano Vigente de Padre Las Casas — Limite Urbano Vigente de Temuco ▨ Comuna de Padre Las Casas ▨ Comuna de Temuco  </div> <p>Se utilizaron los FE extraídos de (MMA 2011a) ponderados por Ciudad de acuerdo a la participación de las especies producidas en cada una según datos de (INE 2012). Las proyecciones consideran un 100% de cumplimiento, en el caso de la prohibición por mes se considera el uso de tecnología alternativa y no la postergación de la quema.</p> <p>Costos en base a (Villena, Villena et al. 2007) actualizados de acuerdo a inflación.</p> <p>Se trabajó con los datos de 2011 para la proyección de la línea base y cómo tasa de proyección se utilizó la variación anual promedio de los últimos 3 años.</p>																				
Resultados	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Medida</th> <th colspan="2">Reducción MP2.5</th> <th>Beneficios Salud</th> <th>Ahorro</th> <th>Costo Total</th> <th>CMe</th> </tr> <tr> <th>Ton/año</th> <th>µg/m3</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>MM USD</th> <th>USD/µg/m3 MP2.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quemas</td> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">0.10</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0.52</td> <td style="text-align: center;">0.59</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p>	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5	Quemas	24	0.10	6	0	0.52	0.59
Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe															
	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5															
Quemas	24	0.10	6	0	0.52	0.59															
Referencias Bibliográficas	<p>CONAF, Reporte Situación Especifica de Avisos (GEOREF) del Sistema de Asistencia a Quemas Controladas, (INE 2012), (MMA 2011a), (Villena, Villena et al. 2007) (MMA 2013a)</p>																				

Calderas de Uso Residencial, Industrial y Comercial

La base de datos utilizada corresponde al estudio (Sistam 2013). Para los rubros “Caldera Calefacción” y “Caldera Industrial”, se registra un total de 272 unidades de emisión en las comunas de Temuco y Padre Las Casas en el año 2012.

	Caldera Calefacción	Caldera Industrial	Total
Temuco	251	13	264
Padre Las Casas	3	5	8
Total	254	18	272

Norma de Emisión para MP- Plan MP10 (Línea Base)			
Descripción	Se establecen los siguientes límites máximos de concentración de MP (mg/m ³ N):		
	Fuentes Puntuales	Fuentes Grupales	Calderas de Calefacción Grupal
	Existentes	112	112
	Nuevas	56	56
Supuestos de evaluación	Vigencia: Junio de 2013 (3 años desde publicación)		
	Se reduce lo mínimo requerido por la normativa. Las reducciones porcentuales de MP2.5 y de MP10 son las mismas que para MP.		
Resultados	Estas medidas corresponden a la línea base, ya que estaban incluidas en el PDA para MP10.		

Límite de emisión calderas					
Descripción	Las fuentes emisoras nuevas y existentes, mayores o iguales a 35 kWt, deberán cumplir con los límites máximos de emisión que se indican a continuación:				
	Potencia Térmica	MP	SO ₂	NO _x	Hg
	≥35 kWt a <1 MWt	30	n.a.	n.a.	n.a.
	≥1 MWt	30	200	500	0.1
Supuestos de evaluación	Plazo: Fuentes existentes en un plazo de 48 meses y fuentes nuevas a partir de la publicación del PDA en el Diario Oficial.				
	Vigencia fuentes existentes: 2019, fuentes nuevas: 2015				
	Se reduce lo mínimo requerido por la normativa.				
	Las reducciones porcentuales de MP2.5 y de MP10 son las mismas que para MP. No se considera la compensación de emisiones para fuentes nuevas, solo el abatimiento en la misma fuente.				
	Por el momento, ninguna fuente sobrepasa el límite establecido para Hg.				
	Para estimar los costos de esta medida se utilizan los siguientes costos medios por tonelada:				
	UF/ton	USD/Ton			
	MP25*	6.4	220		
	SO _x **	84.6	2,898		
	NO _x ***	47.2	1,618		
(*) Para MP2.5 se asume uso de precipitador electrostático húmedo. (**) Para SO _x se supone					

Desulfurizador de Gases de Salida. (***) Para NOx supone reducción catalítica selectiva.							
Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe
		Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
	FF - Limite Emisión	14	0.06	2	0	57.95	172.52
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.						
	Para el año 2015, la medida reduce 101.5 ton de MP, 49.11 ton de MP10, 13.74 ton de MP2.5 y 2,493 ton de SOx.						
Referencias Bibliográficas	(USEPA 2010)						

Calderas edificios institucionales																		
Descripción	<p>Los edificios o establecimientos institucionales o públicos, de la administración del Estado, que se localizan en la zona saturada y que cuentan con una o más calderas existentes, evaluarán la optimización del sistema utilizado para calefacción y/o generación de agua caliente por las siguientes opciones: (1) recambio a una nueva caldera o (2) la compra de energía para proveer de calefacción y/o agua caliente, provista por un tercero.</p> <p>Deben cumplir con emisiones de MP menor a 30 mg/m3 y otras condiciones establecidas en el anteproyecto.</p> <p>Plazo: Fuentes existentes en un plazo de 12 meses</p>																	
Supuestos de evaluación	<p>Se reduce lo mínimo requerido por la normativa.</p> <p>Las reducciones porcentuales de MP2.5 y de MP10 son las mismas que para MP.</p> <p>Para estimar los costos de esta medida se utilizan los siguientes costos medios por tonelada:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>UF/ton</th> <th>USD/Ton</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MP25*</td> <td>6.4</td> <td>220</td> </tr> <tr> <td>SOx**</td> <td>84.6</td> <td>2,898</td> </tr> <tr> <td>NOx***</td> <td>47.2</td> <td>1,618</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Para MP2.5 se asume uso de precipitador electrostático húmedo. (**) Para SOx se supone Desulfurizador de Gases de Salida. (***) Para NOx supone reducción catalítica selectiva.</p>							UF/ton	USD/Ton	MP25*	6.4	220	SOx**	84.6	2,898	NOx***	47.2	1,618
	UF/ton	USD/Ton																
MP25*	6.4	220																
SOx**	84.6	2,898																
NOx***	47.2	1,618																
Resultados	Medida	Reducción MP2.5		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	CMe											
		Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5											
	FF - Institucionales	0	0.00	0.01756	0	0.00019	0.07											
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.																	
Referencias Bibliográficas	Los costos son calculados con funciones de costos según tecnología (USEPA 2010)																	

Sector Transporte

Programa de renovación de buses							
Descripción	Recambio de un mínimo de 500 buses en un período de 7 años, para la zona saturada						
Supuestos de evaluación	<p>Se considera un recambio de 72 buses al año entre 2015 y 2017 y de 71 buses al año entre 2018 y 2021.</p> <p>Tasa de recambio natural de 4%.</p> <p>El estándar de entrada corresponde a buses Euro V, se asume una vida útil de 20 años</p> <p>Se considera un costo de chatarrización de 50 UF por bus, asumido por el estado.</p> <p>Se estima un monto subsidiado de 4.5 millones de pesos (~194 UF) por bus, y un costo de inversión para el privado igual a cero.</p> <p>Una antigüedad máxima de 15 años permitiría cumplir con la meta de reducir las emisiones de MP y NOx provenientes del transporte público en un 40% y 35% respectivamente, en un plazo de 7 años.</p>						
Resultados	Medida	Reducción Emisiones*		de Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	Cme
		MP10	MP2.5	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m3 MP2.5
	Recambio Buses	5	0.02	1	3	2.76	1.93
	Reducción de emisiones, concentración y CMe corresponden al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.						
Referencias Bibliográficas	Reporte 2005-2009(MMA 2011b), Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional (MMA 2012a), (MMA 2013a)						

Gestión de Episodios Críticos

Medidas sector residencial GEC	
Descripción	<p>Pre emergencia: En las zonas territoriales que la autoridad ambiental previamente determine, de 18:00 a 06:00 hrs, sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña</p> <p>Emergencia: Dentro del límite urbano de la zona saturada, durante todo el día, sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña</p>
Supuestos de evaluación	<p>Se asume un cumplimiento del 90%.</p> <p>Se asume que habrá una sustitución de los equipos de calefacción apagados, en un 50% por Kerosene y en un 50% por gas licuado. Para cocción son reemplazados por gas licuado.</p> <p>Para la línea base se considera que calefactores operan 270 días por año y cocinas 365 días por año.</p>
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013a)

Medidas Calderas GEC	
Descripción	Pre emergencia: Paralización de las fuentes con emisiones mayores a 30 mg /m3N de

	material particulado y potencia térmica mayor a 35 kWt Emergencia: Paralización de las fuentes con emisiones mayores a 28 mg /m3N de material particulado y potencia térmica mayor a 35 kWt
Supuestos de evaluación	Se estima la reducción de emisiones de acuerdo a la probabilidad de que la fuente se encuentre operando para el episodio crítico, calculada como las horas de funcionamiento al año sobre las horas totales de un año calendario.
Referencias Bibliográficas	(Sistam 2013)

5.4 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)

	<i>Valor unitario (CLP)</i>	<i>Valor Subsidio (CLP)</i>	<i>Nº al año</i>	<i>MM CLP/año</i>	<i>VP Costo (MM CLP)</i>	
Recambio a cumple norma	371,322	278,492	2,400	668	2,815	2400 recambios al año por 5 años
Recambio a pellet	1,035,051	931,546	2,400	2,236	9,418	2400 recambios al año por 5 años
Recambio Cocinas	421,166	315,874	600	190	798	600 recambios al año por 5 años
Aislación Térmica	3,597,398	2,338,309	4,000	9,353	68,841	4000 subsidios al año por 10 años
Subsidio Buses		4,500,000	71	321	1,794	500 recambios en 7 años
TOTAL	-		-	12,768	83,666	

Fuente: Elaboración propia

Supuestos: Valor UF de 23183, Valor equipo pellet de 44.13 UF, Valor equipo cumple norma de 15.5 UF, costo chatarrización de 0.517 UF. El valor para recambio de cocinas considera también el costo de una cocina a gas en el 43% de los casos, de 5 UF. El porcentaje subsidiado corresponde a un 75% en caso de equipos cumple norma y de 90% en caso de pellets. El subsidio a la aislación térmica se considera de un 100% para viviendas PPPF y de 30% para viviendas no objeto de PPPF, lo que en promedio da un subsidio de 65%.

5.5 Resultados por Medida

La Tabla 11 y la Figura 11 muestran los costos, beneficios e indicadores económicos para las medidas evaluadas.

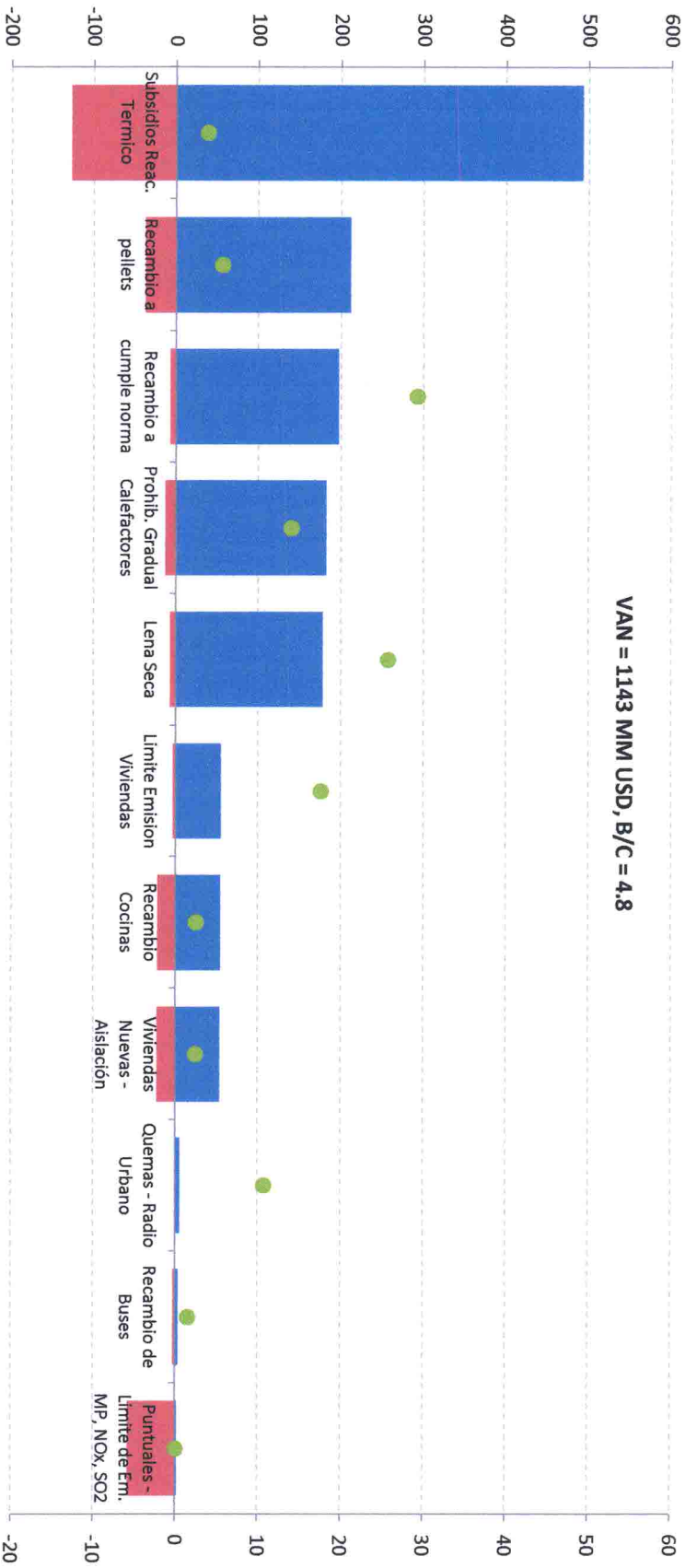
Tabla 11: Resultados por medida, MM USD, valor presente

	Costos Variables Netos		Costos Inversión		Beneficios Salud	VAN Medidas	Beneficio Total	Costo Total	Razón B/C
	Privado	Estado	Privado	Estado					
Leña Seca	7	0	0	0	179	172	179	7	26
LE viviendas	-30	0	3	0	25	52	55	3	18
Proh. Gradual calefactores	-7	0	13	0	176	170	183	13	14
FF - Institucionales	0.0002	0	0	0	0.0176	0.0174	0.0176	0.0002	93
FF - Limite Emisión	58	0	0	0	2	-56	2	58	0
Quemas	1	0	0	0	6	5	6	1	11
VE- Reacondicionamiento térmico	-208	0	44	82	286	367	494	127	4
Recambio Cocinas	20	0	0	1	55	33	55	22	3
Recambio Buses	-3	0	0	3	1	2	4	3	2
Recambio a Cumple Norma	0	1	1	5	198	191	198	7	29
Recambio a pellets	20	1	2	14	212	175	212	37	6
VN- Norma aislación	-32	0	22	0	22	32	54	22	2
Total	-175	4	85	105	1,162	1,143	1,443	300	5

Fuente: Elaboración propia.

Notas: VN: vivienda nueva, VE: vivienda existente, LE: Limite 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.

Figura 11: Resultados por medida



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%. Valor presente considera flujos hasta año 2030.

6. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Declaración de zona saturada: Decreto Supremo N° 2 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término del AGIES	Marzo 2014
	Alcance geográfico	Temuco y Padre las Casas
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo, sin embargo se fusiona con plan anterior por PM10.
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio. Beneficios salud en base a (MMA 2013b)
	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) DS N°78 de 2009, Minsegres, Plan de Descontaminación en la zona por MP10
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 8
	Tasas de incidencia	(MMA 2011c)
	Valor de la vida estadística	14,910 UF al año 2014, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF
	Modelo de dispersión	Roll Back simple, FEC MP2.5 de 245 ton/μg/m3.
	Beneficios marginales por concentración de MP2.5	(MMA 2011c)
	Reducción de concentraciones por parámetro	Año 2025, MP2.5: 24 [μg/m3]
Parámetros	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2025: MP10: 6,163 ton/año, MP2.5: 5,946 ton/año
	Años de evaluación	2013-2030
	Valor del dólar	508.6 pesos/dólar
Resultados	Valor de la UF	23,183 pesos/UF
	Población Expuesta	Año 2013: 44400+303244 = 348 mil (urbana) Año2025: 53620+361390=415 mil (urbana)
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	299
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	1,443
	Valor actual neto en MM USD	1,143

7. 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.
- Boardman, A. E., D. H. Greenberg, et al. (2006). Cost-benefit analysis: concepts and practice, NJ: Prentice Hall.
- CENMA (2010). Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas.
- 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.
- Hanley, N. D. and C. L. Spash (1993). Cost-Benefit Analysis and the Environment, Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.
- INE (2012). Cultivos Anuales Esenciales Superficie Sembrada Año Agrícola 2011/2012, Instituto Nacional de Estadísticas: 6.
- Layard, R. and S. Glaister (1994). Cost-Benefit Analysis. Cambridge University Press. London.
- MIDEPLAN (2011). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos, División de Planificación. Santiago, Chile.
- MINVU (2007). Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas, Elaborado por Ambiente Consultores Ltda. - PRIEN, Universidad de Chile.
- MMA (2011a). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011. Elaborado por AMBIOSIS., Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2011b). Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes. Reporte 2005 - 2009. Santiago, Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2011c). 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 (2012a). Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional, Preparado por GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2012b). 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 (2013a). 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 (2013b). 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, J. R. M. (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.

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.

Universidad De Chile (2009). Modelo de Negocios para el Acopio y Secado Leña.

USEPA (2010). Control Strategy Tool, COST Equations Documentation.

Villena, M., M. Villena, et al. (2007). "Análisis General de Impacto Económico y Social del Rediseño del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (PM10) en la Región Metropolitana."