

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL ANTEPROYECTO
NORMA DE EMISIÓN PARA GRUPOS ELECTROGÉENOS

Octubre 2019

Presentación

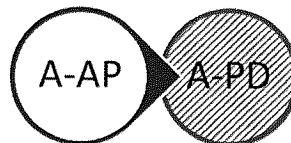
El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012 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 y el Cambio Climático (CMSyCC), tarea que recae en el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una norma, desde el desarrollo del anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de un documento AGIES que se realiza en dos etapas:

- Un primer documento para apoyar el proceso de participación ciudadana, denominado AGIES del Anteproyecto (A-AP)
- Y el segundo documento para apoyar al CMSyCC en la toma de decisión, denominado Actualización de Costos y Beneficios del Proyecto Definitivo (A-PD).

El presente AGIES se encuentra en el proceso A-AP (en rojo, Figura 1), y en él se evaluarán los beneficios y los costos de la norma nacional de emisión para grupos electrógenos.

Figura 1: Etapa del AGIES



Fuente: Elaboración propia

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 Consejo de Asesores, Participación Ciudadana, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.

Resumen

El presente informe presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la Norma de Emisión para Grupos Electrógenos. Este tiene como objetivo evaluar los beneficios y costos asociados a las medidas propuestas en el Anteproyecto.

El Anteproyecto propone establecer una norma de entrada para los equipos nuevos, que utilicen combustible diésel y cuya potencia sea mayor o igual a 19 kW, limitando las emisiones que estos pueden generar.

La norma de entrada será de acuerdo al rango de potencia, desplazamiento volumétrico del cilindro, y según si corresponde a grupos electrógenos móviles o estacionarios, la cual se realizará en dos fases, correspondiente a los años 2022 y 2026.

La metodología empleada en la elaboración del AGIES fue un Análisis Costo-Beneficio (ACB), es decir, se llevaron a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) del proyecto en análisis. La elaboración del ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación sin proyecto o línea base y situación con proyecto. La línea base asumió que se mantiene la tendencia de desfase normativa según país de origen de los grupos electrógenos, considerando hasta Tier 2, y se consideró una tasa de crecimiento del parque igual a la tasa proyectada de demanda de energía eléctrica en un escenario de demanda media, mientras que la situación con proyecto supuso que la norma entra en vigencia a partir del año 2020, con límites de emisión para los grupos electrógenos nuevos desde el año 2022. Como costos relevantes se consideraron los costos incrementales de mejora tecnológica de los grupos electrógenos para cumplir los nuevos estándares de emisión. Como beneficios se estimaron ahorros en combustible y reducciones de riesgo de morbilidad y mortalidad en la población.

Cabe señalar, que como la Región Metropolitana ya cuenta con un Plan de Descontaminación, en cuyo AGIES se evaluó la medida de Grupos Electrógenos, esta no será considerada en el presente AGIES, ya que correspondería a un doble conteo de costos y beneficios.

Los resultados del AGIES indican que:

- La reducción de emisiones al año 2030 de material particulado alcanzaría las 374 ton/año, mientras que el NOx y SOx se reducirían en 8.924 y 6,4 ton/año respectivamente.
- La normativa provee beneficios de 161 millones de USD en valor presente¹.
- Los costos alcanzan los 5 millones de USD en valor presente.
- Por cada dólar gastado la sociedad obtiene un beneficio de 31 dólares, mientras que el VAN del proyecto es de 156 millones de USD.

¹ Valor presente calculado para año 2019, considera flujos hasta el año 2030. El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 17.260 UF al año 2019, con IC al 90% de [11.968-21.970] UF. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos.

En conclusión, el AGIES sugiere que la normativa es conveniente desde el punto de vista social dado que los beneficios superan los costos calculados.

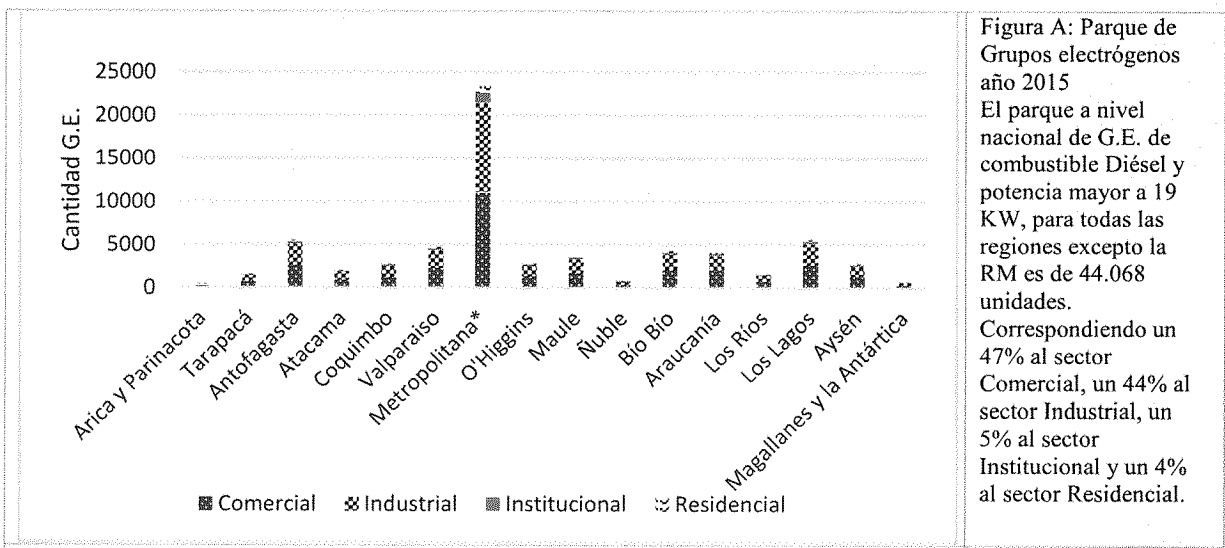


Figura A: Parque de Grupos electrógenos año 2015
El parque a nivel nacional de G.E. de combustible Diésel y potencia mayor a 19 KW, para todas las regiones excepto la RM es de 44.068 unidades. Correspondiendo un 47% al sector Comercial, un 44% al sector Industrial, un 5% al sector Institucional y un 4% al sector Residencial.

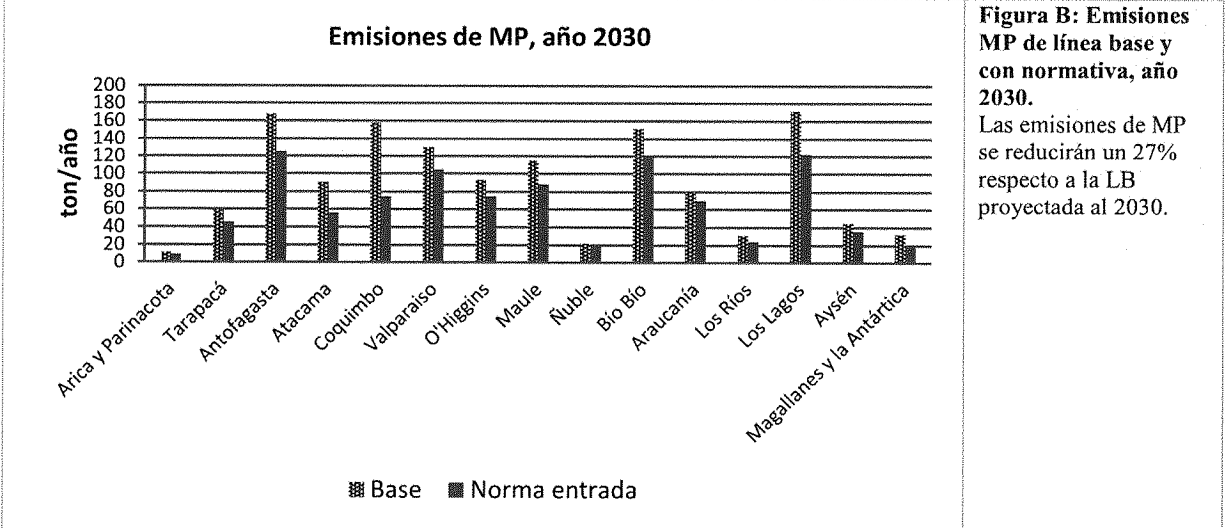
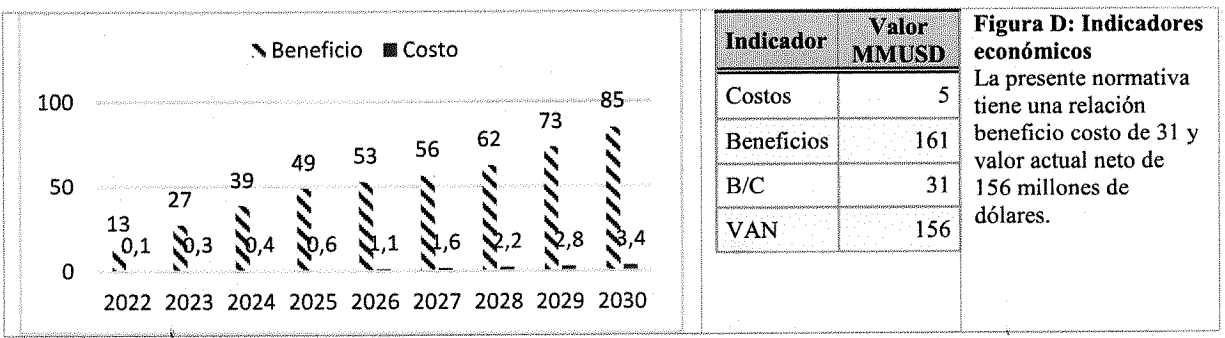


Figura B: Emisiones MP de línea base y con normativa, año 2030.
Las emisiones de MP se reducirán un 27% respecto a la LB proyectada al 2030.

Evento	Casos evitados 2030 (p50)	Intervalo de confianza al 90%	Casos evitados 2022-2030 (p50)	Intervalo de confianza al 90%
Mortalidad	178	[122 - 244]	835	[538 - 1.186]
Admisiones hospitalarias	175	[106 - 231]	832	[467 - 1.140]
Visitas Salas de Emergencia	2.712	[1.748 - 4.371]	13.861	[7.755 - 23.535]
Productividad perdida (días)	333.778	[307.281 - 349.750]	1.726.603	[1.571.023 - 1.829.114]

Figura C: Casos Evitados
El número de casos evitados de mortalidad el año 2030 sería de 178, mientras que el acumulado periodo 2022-2030 llegaría a 835.



Indicador	Valor MMUSD
Costos	5
Beneficios	161
B/C	31
VAN	156

Figura D: Indicadores económicos
 La presente normativa tiene una relación beneficio costo de 31 y valor actual neto de 156 millones de dólares.

ÍNDICE

- Resumen 2
- 1. Antecedentes 6
- 2. Metodología 12
- 3. Resultados 13
 - 3.1 Proyección de Parque de Línea Base 13
 - 3.2 Reducción de Emisiones 14
 - 3.3 Casos Evitados de Mortalidad y Morbilidad 17
 - 3.4 Indicadores Económicos 17
- 4. Conclusiones 20
- 5. Anexos..... 21
 - 5.1 Metodología Beneficios en Salud 21
 - 5.2 Valores unitarios de casos evitados 22
 - 5.3 Coeficientes de Riesgo Unitario 23
 - 5.4 Factores de emisión 25
 - 5.5 Factores de deterioro..... 26
 - 5.6 Factores Emisión Concentración 26
 - 5.7 Costos incrementales 28
 - 5.8 Otros resultados 29
- 6. Ficha del AGIES 35
- 7. Bibliografía..... 36

1. Antecedentes

Los grupos electrógenos, en adelante GE, se definen como “unidad generadora de energía eléctrica que consta de un alternador o generador accionado por un motor de combustión interna”.

La presente regulación propone una norma de entrada de carácter nacional, en dos fases. La primera fase comienza el 01 de enero de 2022 y limita las emisiones, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, mientras que la segunda fase comienza el 01 de enero de 2026 de acuerdo a la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

La normativa considera diferencia de límites considerando la potencia del GE, si es móvil o estacionario, el desplazamiento volumétrico del motor y, en el caso de la segunda fase, se exceptúan grupos electrógenos de emergencia.

Tabla 1: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $P < 560\text{kW}$, grupos electrógenos móviles, Fase I.

Potencia máxima: P	CO	HCNM+NOx	MP	Norma equivalente
kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
$19 \leq P < 37$	5,5	7,5	0,6	Tier 2
$37 \leq P < 75$	5	4,7	0,4	Tier 3
$75 \leq P < 130$	5	4	0,3	Tier 3
$130 \leq P < 560$	3,5	4	0,2	Tier 3

Fuente: Anteproyecto de la norma

Tabla 2: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $P \geq 560\text{kW}$, grupos electrógenos móviles y estacionarios y $d < 30$, Fase I.

Desplazamiento volumétrico por cilindro del motor: d	Potencia máxima: P	CO	HCNM+NOx	MP	Norma equivalente
Litros	kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
$d < 10$	$P \geq 560$	3,5	6,4	0,2	Tier 2
$10 \leq d < 15$	$P \geq 560$	5	7,8	0,27	Tier 2
$15 \leq d < 20$	$560 \leq P < 3300$	5	8,7	0,5	Tier 2
	$P > 3300$	5	9,8	0,5	Tier 2
$20 \leq d < 25$	$P \geq 560$	5	9,8	0,5	Tier 2
$25 \leq d < 30$	$P \geq 560$	5	11	0,5	Tier 2

Fuente: Anteproyecto de la norma

Tabla 3: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $P \geq 560$ kW, grupos electrógenos móviles y estacionarios y $d \geq 30$, Fase I.

Desplazamiento volumétrico por cilindro del motor: d	Potencia máxima: P	Velocidad máxima del motor: n	NOx	MP	Norma equivalente
Litros	kW	rpm	g/kWh	g/kWh	
$d \geq 30$	$P \geq 560$	$n < 130$	14,4	0,15 ^(b)	Tier 2
		$130 \leq n < 2000$	$44 * n^{-0,23}$ (a)		
		$2000 \leq n$	7,7		

Fuente: Anteproyecto de la norma

La segunda fase de la norma de grupos electrógenos aplica para todos los grupos electrógenos diésel con potencia mayor o igual a 19 kW, salvo para los grupos electrógenos de emergencia² cuya potencia sea mayor o igual a 560 kW.

 Tabla 4: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $P < 560$ kW, grupos electrógenos móviles, Fase II.

Potencia máxima: P	CO	HCNM	HCNM+NOx	NOx	MP	Norma equivalente
kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
$19 \leq P < 37$	5,5	No aplica	4,7	No aplica	0,03	Tier 4
$37 \leq P < 56$	5	No aplica	4,7	No aplica	0,03	Tier 4
$56 \leq P < 130$	5	0,19	No aplica	0,4	0,02	Tier 4
$130 \leq P < 560$	3,5	0,19	No aplica	0,4	0,02	Tier 4

Fuente: Anteproyecto de la norma

 Tabla 5: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $P \geq 560$ kW, grupos electrógenos móviles y estacionarios y $d < 30$, Fase II.

Desplazamiento volumétrico por cilindro del motor: d	Potencia máxima: P	CO	HCNM	HCNM+NOx	NOx	MP	Norma equivalente
Litros	kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
$d < 10$	$P \geq 560$	3,5	0,19	No aplica	0,67	0,03	Tier 4
$10 \leq d < 30$	$560 \leq P < 3700$	5	No aplica	1,8	No aplica	0,04	Tier 4
	$3700 < P$	5	No aplica	1,8	No aplica	0,06	Tier 4

Fuente: Anteproyecto de la norma

² Se considerarán como grupos electrógenos de emergencia, a aquellos que operan como máximo 100 horas por año calendario, las cuales incluyen las horas destinadas a prueba y mantenimiento.

Tabla 6: Regulación propuesta en el Anteproyecto para $d \geq 30$, Fase II.

Desplazamiento volumétrico por cilindro del motor: d	Potencia máxima: P	Velocidad máxima del motor: n	NOx	MP	Norma equivalente
Litros	kW	rpm	g/kWh	g/kWh	
$d \geq 30$	$P \geq 560$	$n < 130$	3,4	0,15 ^(b)	Tier 3
		$130 \leq n < 2000$	$9,0 * n^{-0,20}$ (a)		
		$2000 \leq n$	2,0		

Fuente: Anteproyecto de la norma

Considerando que Chile no es un país fabricante de motores ni grupos electrógenos, se tiene que la totalidad de los grupos electrógenos son importados. Es por esto, que a partir de la información de importaciones entre los años 2000 y 2015 de G.E. se obtiene que el parque total de grupos electrógenos estimado para el año 2015 corresponde a 447.274 unidades, de los cuales 153.533 corresponden a equipos diésel y 293.741 a equipos a gasolina, tal como se puede observar en la Tabla 7. De los equipos a Diésel, 67.680 equipos tienen una potencia mayor a 19kW correspondiendo a un 15% del parque total de equipos. El sector comercial es el sector con mayor porcentaje de Grupos electrógenos de diésel con potencia mayor a o igual 19kW, correspondiendo a un 47% de los grupos electrógenos utilizados en el sector comercial, como se aprecia en la Tabla 8.

Tabla 7: Parque total de G.E según potencia y combustible, año 2015. Total país.

Rango de Potencia	Diésel	Gasolina	Total general
kW < 19	85.853	293.741	379.594
19 ≤ kW < 37	13.193		13.193
37 ≤ kW < 56	19.076		19.076
56 ≤ kW < 75	1.801		1.801
75 ≤ kW < 130	7.559		7.559
130 ≤ kW < 225	6.772		6.772
225 ≤ kW < 450	16.347		16.347
450 ≤ kW < 560	37		37
560 ≤ kW < 900	587		587
900 ≤ kW < 1MW	847		847
P ≥ 1MW	1.461		1.461
Total general	153.533	293.741	447.274

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas

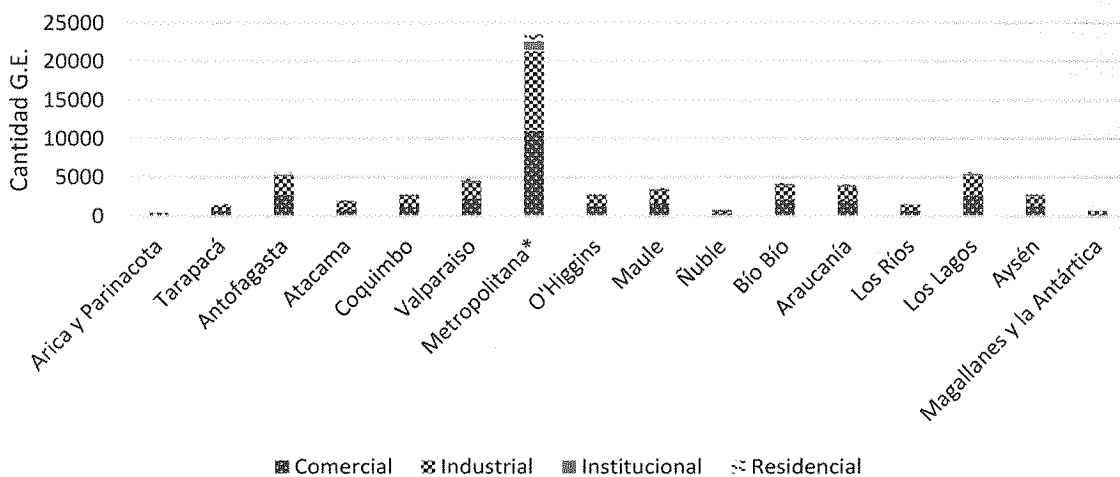
Tabla 8: Parque de G.E. Diésel con P>19kW según rubro, año 2015. Total país.

Rubro	Cantidad	Porcentaje
Comercial	31.978	47%
Industrial	29.815	44%
Institucional	3.246	5%
Residencial	2.642	4%
Total	67.680	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas y Base de Datos RETC 2015

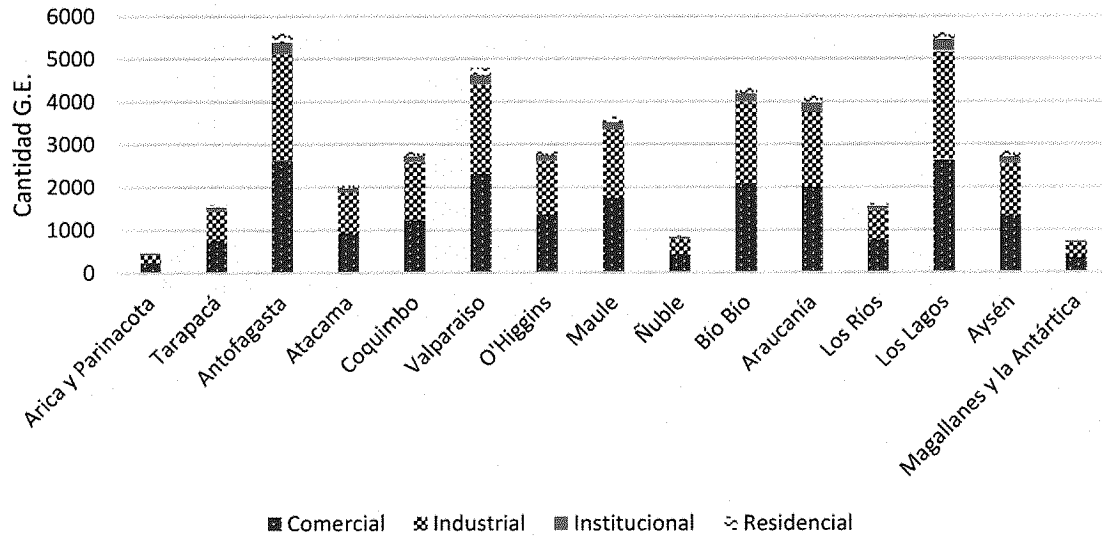
Con respecto a la distribución regional de grupos electrógenos, es la Región Metropolitana la que cuenta con una mayor participación, superando el 35%, seguida por las regiones de Antofagasta y de Los Lagos, cada una con una participación de alrededor de 8%, como se muestra en Figura 2. Cabe señalar, que como la Región Metropolitana ya cuenta con un Plan de Descontaminación, en cuyo AGIES se evaluó la medida de grupos electrógenos, esta no será considerada en la evaluación del presente AGIES, ya que correspondería a un doble conteo de costos y beneficios.

Figura 2: Distribución por región y rubro de parque de G.E Diésel con P>19kW, año 2015. Total país.



(*) La Región Metropolitana no se evalúa en este AGIES al ya haber sido evaluada en el PPDA de la RM.
 Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas y Base de Datos RETC 2015

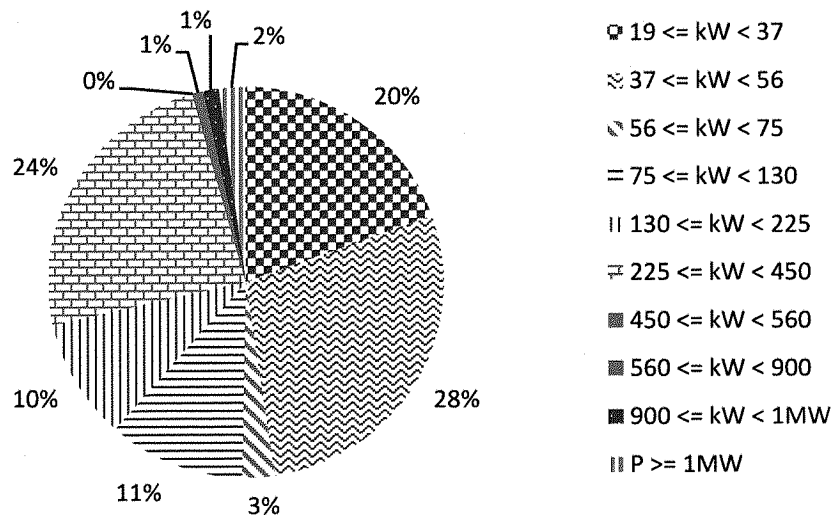
Figura 3: Distribución por región y rubro de parque de G.E Diésel con P>19kW, año 2015. Excepto RM.



(*) La Región Metropolitana no se evalúa en este AGIES al ya haber sido evaluada en el PPDA de la RM.
 Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas y Base de Datos RETC 2015

El 30% de los grupos electrógenos diésel, regulados por la norma, tienen una potencia entre 19 kW y 56 kW, mientras que el 70% tiene una potencia entre 56 kW y 560 kW. La Figura 4 muestra en mayor detalle la distribución según tramo de potencia.

Figura 4: Distribución del parque de G.E. Diésel con P>19kw según tramo de potencia, año 2015. Total país.



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas

Con respecto a las emisiones de línea base, la Tabla 9 presenta las emisiones de grupos electrógenos según combustible y contaminante a nivel nacional.

Tabla 9: Línea base de emisiones 2015

Combustible	Rango Potencia	MP	MP10	MP25	NOX	SOX	CO
Diésel	kW < 19	59	59	57	875	3	484
	19 <= kW < 37	24	24	23	265	1	137
	37 <= kW < 56	102	102	99	1708	6	886
	56 <= kW < 75	13	13	13	175	1	93
	75 <= kW < 130	53	53	52	1235	4	335
	130 <= kW < 225	56	56	54	1497	4	389
	225 <= kW < 450	1006	1006	975	23075	48	7569
	450 <= kW < 560	2	2	2	46	0	15
	560 <= kW < 900	42	42	41	908	2	311
	900 <= kW < 1MW	48	48	46	1342	3	285
	P >= 1MW	335	335	325	7770	17	2483
Gasolina	kW < 19	157	157	152	396	0	33477
	Total general	1.896	1.896	1.839	39.291	88	46.464

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se puede observar que si bien los grupos electrógenos Gasolina y Diésel con Potencia menor a 19 kW corresponden a un 85% del total de G.E., sus emisiones sólo representan una fracción bastante menor (11% de las emisiones de MP).

Por otro lado, en la Tabla 10, se presenta la línea base de emisiones utilizada en la evaluación del AGIES, la cual excluye a la Región Metropolitana y las emisiones de equipos con potencia menor a 19 kW, ya que no se encuentran afectados a la normativa.

Tabla 10: Línea base de emisiones 2015. Sin RM

Combustible	Rango Potencia	MP	MP10	MP25	NOX	SOX	CO
Diésel	19 <= kW < 37	18	18	18	203	1	104
	37 <= kW < 56	66	66	64	1098	4	569
	56 <= kW < 75	8	8	8	108	0	57
	75 <= kW < 130	33	33	32	763	2	207
	130 <= kW < 225	37	37	36	997	3	259
	225 <= kW < 450	578	578	561	13271	27	4353
	450 <= kW < 560	1	1	1	30	0	10
	560 <= kW < 900	25	25	24	537	1	184
	900 <= kW < 1MW	28	28	27	794	2	168
	P >= 1MW	268	268	260	6219	14	1987
		Total general	1.063	1.063	1.031	24.019	54

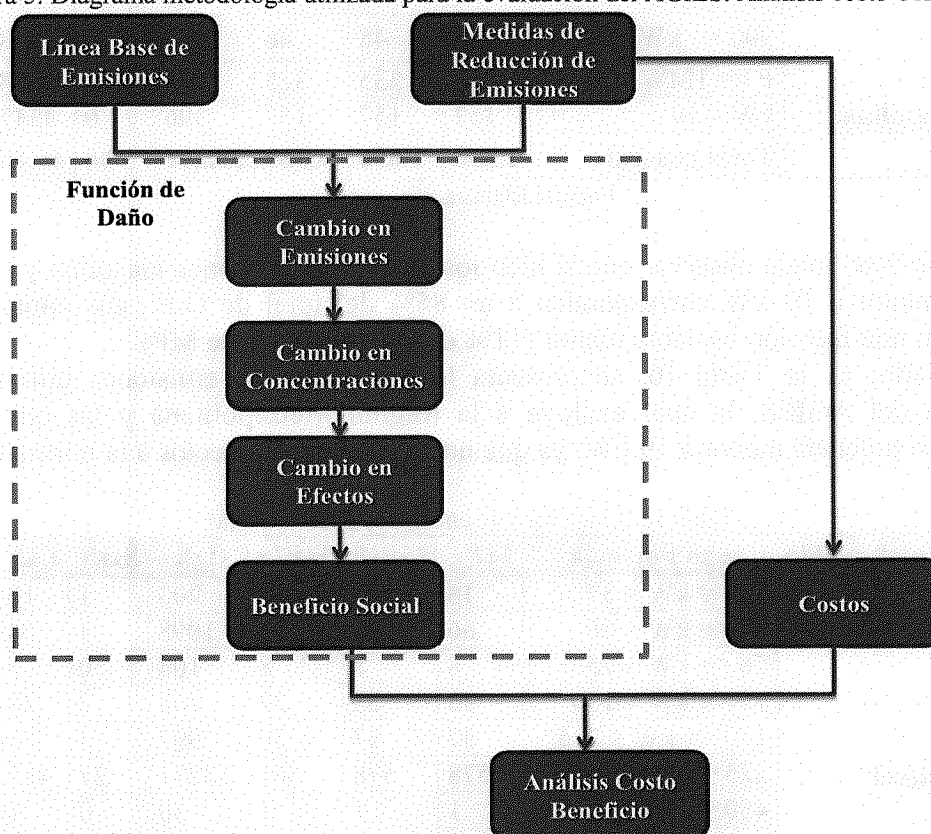
Fuente: Elaboración propia

2. Metodología

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 la regulación 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 a continuación.

Las reducciones de emisiones son atribuibles a los estándares definidos en el Anteproyecto, los cuales afectan heterogéneamente a los regulados.

Figura 5. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



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

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 simplificado de emisión-calidad, modelo de concentración-respuesta basado en estudios epidemiológicos³ y un modelo económico de valorización de los beneficios. Paralelamente se integra la información de los costos de las medidas que

³ 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.

pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 5).

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 $MP_{2,5}$ 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. Adicionalmente, se valoran los beneficios por ahorros en el uso de combustible debido a posibles mejoras de eficiencia de las nuevas tecnologías.

En relación con los costos, se incorpora los costos de inversión operación, donde los primeros son anualizados de acuerdo a su vida útil.

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 y beneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*⁴. 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 expuesta⁵, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras⁶.

3. Resultados

3.1 Proyección de Parque de Línea Base

El parque de línea base fue proyectado desde el año 2015 hasta el año 2030, a partir de la información de importaciones de grupos electrógenos, considerando la potencia del motor y país de origen, y a partir de la información del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), se pudo distribuir a nivel regional y rubro. La información de aduana corresponde a las importaciones entre los años 2000 y 2015, mientras que la

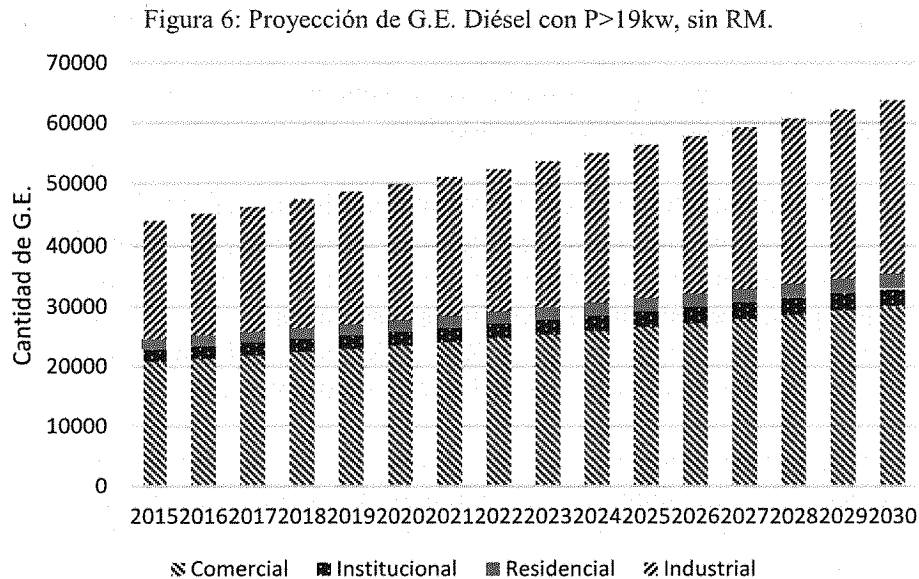
⁴ Es un agente capaz de afectar el clima, formado debido a combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Corresponde a carbón puro que absorbe calor en la atmósfera, con tiempo de residencia que va de días a semanas. Se asocia al aumento de la temperatura global.

⁵ El riesgo en salud está dado de manera implícita con la norma de calidad ambiental de MP_{10} y $MP_{2,5}$, la cual debe cumplirse en todo el territorio nacional.

⁶ D.S. 38/2012 y D.S. 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.

información del RETC corresponde a las declaraciones de emisiones realizadas el año 2015.

La Figura 6 muestra la proyección del parque en el tiempo según rubro, donde se consideró una tasa de crecimiento de 2,5%, correspondiente al promedio del crecimiento anual de demanda energética del escenario medio, de acuerdo a la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP).



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Importaciones 2000 – 2015 del Servicio Nacional de Aduanas y CDEC SIC (2015).

Las proyecciones indican que el parque de grupos electrógenos crecería un 45% durante el periodo de evaluación 2015-2030, alcanzando 63.820 unidades al año 2030, correspondiente a los grupos electrógenos con potencia mayor a 19 kW y combustible diésel, para todo el país con excepción de la Región Metropolitana.

La distribución del parque según región del país se presenta en la sección 5.8 de Anexos.

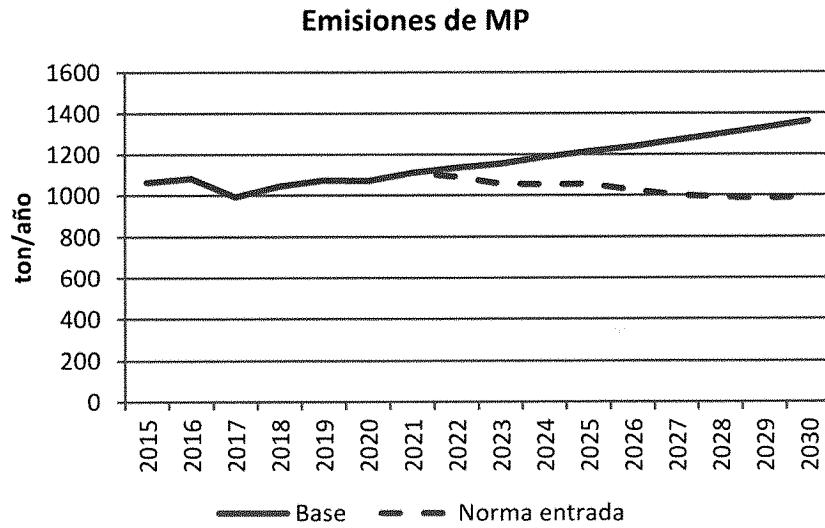
3.2 Reducción de Emisiones

Para la estimación de emisiones del escenario de línea base y situación con normativa, se utilizó la metodología indicada en la Minuta Estimación de Emisiones de Grupos Electrógenos, elaborada por el Departamento de Planes y Normas del Ministerio del Medio Ambiente, la cual se basa principalmente en la metodología utilizada por la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente, de Estados Unidos). Los factores de emisión y los factores de deterioro utilizados son presentados en las secciones 5.4 y 5.5 de este documento respectivamente.

La Figura 7, Figura 8 y Figura 9 muestran la proyección de emisiones de línea base, en que se mantienen las tendencias actuales de desfase normativo en el parque de entrada de

acuerdo al país de origen y potencia de los grupos electrógenos, versus el escenario con proyecto, en que a partir de la vigencia de la normativa todo el parque que entre al mercado local deberá cumplir los límites establecidos en el anteproyecto de norma.

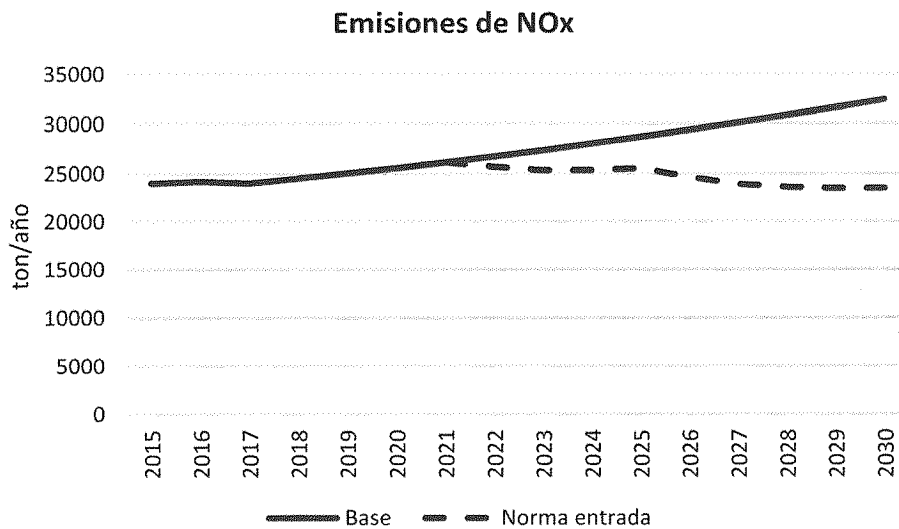
Figura 7: Proyección de emisiones por escenario, material particulado [Ton/año]



Fuente: Elaboración propia

La Figura 7 presenta las emisiones de material particulado para los grupos electrógenos con potencia mayor o igual a 19 kW y de combustible diésel. Se observa que las emisiones a nivel nacional⁷ se reducirían el año 2030 en 373 toneladas con respecto a la línea base del mismo año, lo que representa una reducción del 27%.

Figura 8: Proyección de emisiones por escenario, NOx [Ton/año]

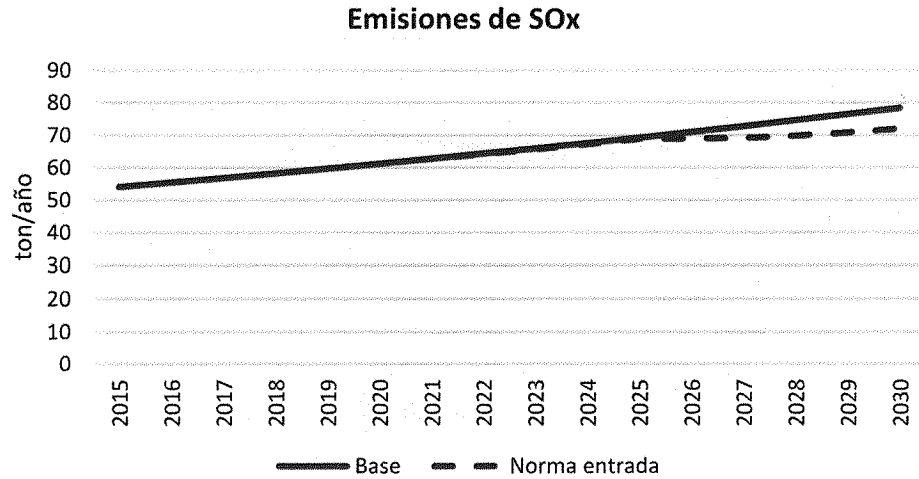


Fuente: Elaboración propia

⁷ Con exclusión de la RM.

La Figura 8 presenta las emisiones de NOx. Se observa que el año 2030 la reducción de emisiones a nivel nacional asociada a la norma de entrada alcanzaría las 8.923 toneladas, lo que representa una reducción del 28% respecto a la línea base.

Figura 9: Proyección de emisiones por escenario, SOx [Ton/año]

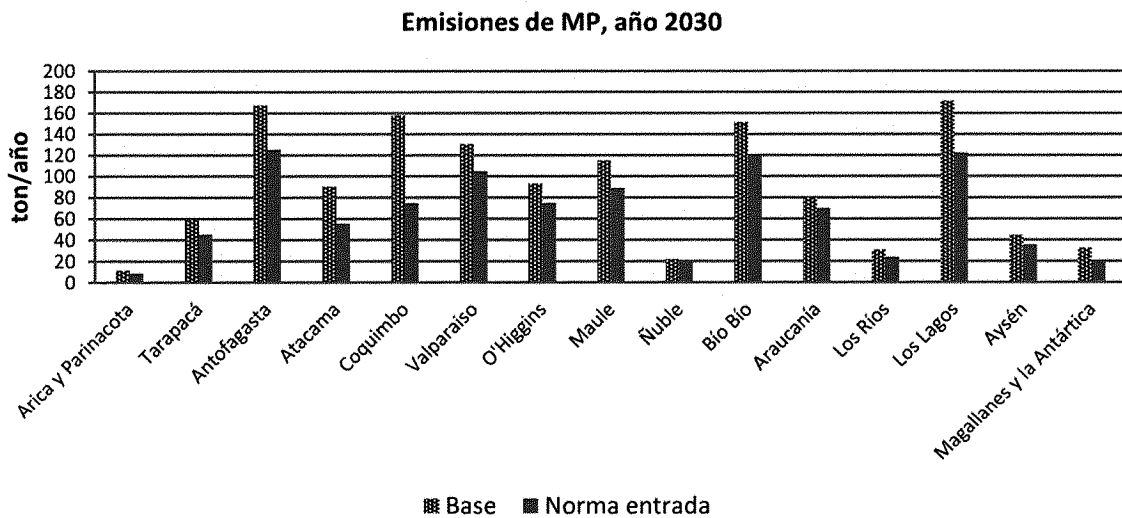


Fuente: Elaboración propia

Por último, a pesar de que esta norma no regula las emisiones de SOx, si se genera una reducción de estas (y como es precursor de MP_{2,5} se consideran en el análisis), tal como se puede observar en la Figura 9, disminuyendo en el escenario con proyecto en un 8% respecto a la línea base el año 2030.

Con respecto a las emisiones de material particulado con y sin normativa a nivel regional, se presentan en la Figura 10 las emisiones correspondientes al año 2030.

Figura 10: Emisiones año 2030 de MP por región del país. Se excluye RM.



Fuente: Elaboración propia

3.3 Casos Evitados de Mortalidad y Morbilidad

La disminución de concentración de $MP_{2.5}$ se asocia a la reducción de casos de mortalidad y morbilidad en todas las regiones del país. La metodología para la estimación de casos evitados se describe en la sección 5.1 de Anexos.

La Tabla 11 muestra el detalle de los casos evitados debido a la implementación de la norma de entrada a nivel nacional para los grupos electrógenos. Los casos de mortalidad anuales para el año 2030 alcanzarían los 178, mientras que los casos agregados en el periodo 2020-2030 alcanzarían los 835.

Tabla 11: Casos evitados de mortalidad y morbilidad.

Evento	Contaminante	Tipo	Casos evitados 2030 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%	Casos evitados 2022-2030 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%
Mortalidad	MP2.5	Cardiopulmonar largo plazo	178	[122 - 244]	835	[538 - 1.186]
Admisiones hospitalarias	MP2.5	Asma (crónica)	5	[4 - 6]	24	[21 - 33]
	MP2.5	Cardiovascular	76	[65 - 87]	364	[304 - 423]
	MP2.5	Respiratorias crónicas	18	[-3 - 33]	85	[-22 - 169]
	MP2.5	Neumonía	77	[40 - 105]	357	[165 - 515]
Visitas Salas de Emergencia	MP2.5	Asma	2.712	[1.748 - 4.371]	13.861	[7.755 - 23.535]
Productividad perdida	MP2.5	Días laborales	22.600	[21.704 - 24.378]	116.930	[111.045 - 127.254]
	MP2.5	Días de actividad restringida	107.810	[100.295 - 112.298]	558.041	[513.649 - 586.498]
	MP2.5	Días de actividad restringida menor	203.367	[185.282 - 213.074]	1.051.632	[946.329 - 1.115.363]

Fuente: Elaboración propia

3.4 Indicadores Económicos

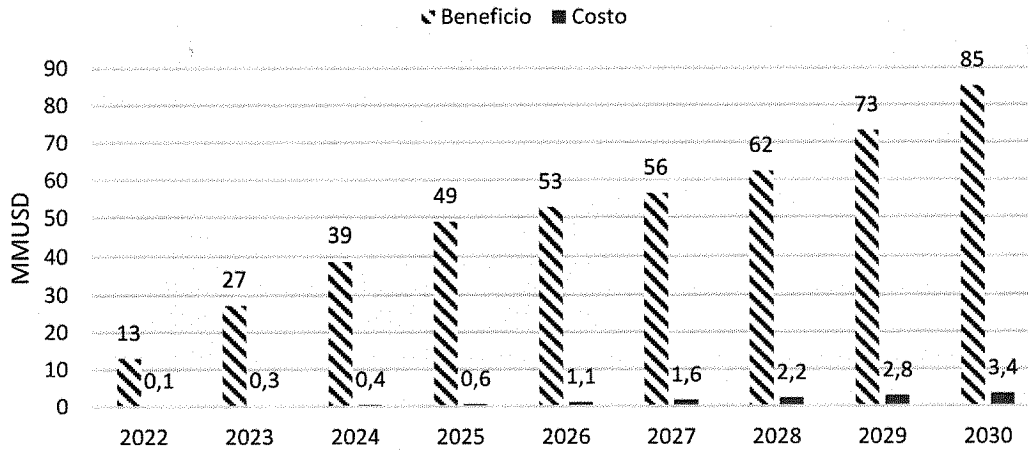
Posteriormente a la cuantificación de los casos de morbilidad y mortalidad evitados, se procede a su valorización, de acuerdo a la metodología indicada en la sección 5.1, utilizando los valores unitarios correspondientes (sección 5.2 presenta los valores para el año 2016).

Con respecto a los costos, estos consideraron los costos incrementales por salto tecnológico utilizados para la evaluación de la norma de maquinaria fuera de ruta, dado que los motores de grupos electrógenos y maquinaria fuera de ruta corresponden a motores con características similares. Estos costos fueron tomados de la tabla 10.2 del estudio Geasur (2014) y anualizados de acuerdo a su vida útil. Los costos considerados corresponden a costos de inversión y operación, en donde los costos de operación, en caso de ser negativos,

corresponderían a ahorros producto de menor uso de combustible. El detalle se presenta en la sección 5.7 en Anexos.

La Figura 11 presenta los flujos anualizados de costos y beneficios de implementar la normativa.

Figura 11: Flujos anualizados de costos y beneficios, millones de USD



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

Tabla 12: Valor presente de costos y beneficios

	Costos MM USD		Beneficios MM USD		Beneficio Neto MM USD	B/C
	VP Inversion	VP Costo	VP Ahorro	VP Beneficio Salud		
Arica y Parinacota	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	8,3
Tarapacá	0,2	0,0	0,2	1,6	1,6	8,7
Antofagasta	0,6	0,0	0,5	8,3	8,1	13,6
Atacama	0,4	0,0	0,3	2,5	2,4	6,5
Coquimbo	0,9	0,0	0,7	10,3	10,1	12,1
Valparaiso	0,4	0,0	0,3	14,9	14,8	37,6
O'Higgins	0,2	0,0	0,2	11,2	11,1	42,9
Maule	0,3	0,0	0,2	23,3	23,2	66,8
Bío Bío	0,5	0,0	0,4	21,4	21,2	41,8
Ñuble	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7	53,3
Araucanía	0,2	0,0	0,1	3,1	3,0	14,6
Los Ríos	0,1	0,0	0,1	4,7	4,7	39,9
Los Lagos	0,7	0,0	0,5	41,5	41,3	61,7
Aysén	0,2	0,0	0,1	4,4	4,3	25,6
Magallanes y la Antárt	0,2	0,0	0,1	7,4	7,3	45,1
Total	5,0	0,0	3,7	158	156	31,0

El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 17.260 UF al año 2019, con IC al 90% de [11.968-21.970] UF⁸. Se proyecta con una tasa de

⁸ 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.



000549

crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos. Valor presente considera flujos hasta año 2030.

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 12, se observa que los beneficios son muy superiores a los costos para la presente normativa, resultando que por cada dólar gastado se obtiene un retorno de 31 dólares. El valor actual neto (VAN) de la normativa alcanzaría 156 millones de dólares, siendo las regiones de Los Lagos, Maule y Bío Bío las que tienen mayor beneficio neto.

4. Conclusiones

El presente informe muestra la evaluación de los beneficios y costos asociados al Anteproyecto de la Norma de Emisión para Grupos Electrógenos.

El Anteproyecto propone establecer límites de emisión de acuerdo a la potencia y combustible de los grupos electrógenos que se comercialicen en el país a partir del año 2022 y considera una segunda fase a partir del año 2026.

La metodología empleada en la evaluación fue un Análisis Costo-Beneficio (ACB), es decir, se llevaron a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) del proyecto en análisis. La elaboración del ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación sin proyecto o línea base y situación con proyecto. La línea base asumió que se mantiene la tendencia de desfase normativa según país de origen de los grupos electrógenos, la cual considera la distribución de los grupos electrógenos entre categorías Sin Norma, Tier 1 y Tier 2, al año 2015. Por otro lado, la situación con proyecto supuso que la norma entra en vigencia a partir del año 2020, estableciendo límites desde el año 2022 y 2026. Como costos relevantes se consideraron los costos de mejora tecnológica de los motores de grupos electrógenos para cumplir los nuevos estándares de emisión. Como beneficios se estimaron ahorros en combustible y reducciones de riesgo de morbilidad y mortalidad en la población.

Los resultados del AGIES indican que:

- La reducción de emisiones al año 2030 de material particulado alcanzaría las 374 ton/año, mientras que el NOx y SOx se reducirían en 8.924 y 6,4 ton/año respectivamente.
- La normativa provee beneficios de 161 millones de USD en valor presente⁹.
- Los costos alcanzan los 5 millones de USD en valor presente.
- Por cada dólar gastado la sociedad obtiene un beneficio de 31 dólares, mientras que el VAN del proyecto es de 156 millones de USD.

En conclusión, el AGIES sugiere que la normativa es ampliamente rentable desde el punto de vista social dado que los beneficios son superiores a los costos calculados.

⁹ Valor presente calculado para año 2019, considera flujos hasta el año 2030. El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 17.260 UF al año 2019, con IC al 90% de [11.968; 21.970] UF. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos.

5. Anexos

5.1 Metodología Beneficios en Salud

Los efectos en salud se asocian a principalmente a la fracción fina del material particulado (MP_{2,5}) que fueron cuantificados en este análisis.

La fracción fina del MP contiene partículas tan pequeñas que son capaces de ingresar en las vías respiratorias y depositarse en los alveolos pulmonares e incluso llegar al torrente sanguíneo. Esto provoca graves efectos sobre la salud de las personas, exacerbando enfermedades de tipo respiratorio y dolencias cardiovasculares, siendo los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y cardíacas los grupos más vulnerables a la contaminación.

Además de los efectos a la salud de las personas, existen otros beneficios de reducir la contaminación. La Tabla 13 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 13: Beneficios identificados derivados de la reducción de emisiones

Identificados	Valorizados
↓ Mortalidad prematura (MP)	Sí
↓ Morbilidad (MP)	Sí
↓ Productividad perdida (MP)	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.

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

- β_{pj} : $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$,
Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$,
- ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i $[\text{ug}/\text{m}^3]$,
- 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 linealizar¹⁰ la expresión anterior se obtiene:

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

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

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

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

Dónde:

- Beneficio_p : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p , en este caso $\text{MP}_{2,5}$.
- 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”.

5.2 Valores unitarios de casos evitados

Tabla 14: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2019.

Tipo de efecto	Efecto detalle	Grupo etario								
		0-1	1-4	5-12	13-17	18-29	30-44	45-64	65-74	75+
Mortalidad	<i>Largo y corto plazo</i>	17.260	17.260	17.260	17.260	17.260	17.260	17.260	17.260	17.260
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	30	30	30	30	32	32	32		
	<i>Cardiovascular</i>					65	65	65	65	65
	<i>Respiratorias crónicas</i>					42	42	42	42	42

¹⁰ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

	<i>Neumonía</i>								46	46
	<i>Bronquitis</i>	30	30	30	30	42	42	42	42	42
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1,5	1,5	1,5	1,5					
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>					1,0	1,0	1,0		
	<i>Días de actividad restringida</i>					0,3	0,3	0,3		
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (MMA 2011)

5.3 Coeficientes de Riesgo Unitario

En la Tabla 15 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 15: Coeficientes de riesgo unitario

Tipo de efecto	Efecto detalle	Grupo etario (años de edad)								
		0-1	1-4	5-12	13-17	18-29	30-44	45-64	65-74	75+
Mortalidad	<i>Cardiopulmonar largo plazo</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0,86%	0,86%	0,86%	0,86%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0%	0%
	<i>Cardiovascular</i>	0%	0%	0%	0%	0,15%	0,15%	0,15%	0,16%	0,16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0%	0%	0%	0%	0,24%	0,24%	0,24%	0,12%	0,12%
	<i>Neumonía</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,4%	0,4%
	<i>Bronquitis</i>	0%	0%	0,77%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Bronquitis crónica</i>	0%	0%	0%	0%	1,11%	1,11%	1,11%	1,11%	1,11%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	0,44%	0,44%	0,44%	0,44%	0%	0%	0%	0%	0%
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0%	0%	0%	0%	0,46%	0,46%	0,46%	0%	0%
	<i>Días de actividad restringida</i>	0%	0%	0%	0%	0,47%	0,47%	0,48%	0%	0%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0%	0%	0%	0%	0,74%	0,74%	0,74%	0%	0%

Fuente: (MMA 2011)

Tabla 16: Detalle coeficientes de riesgo unitario y fuente de información

Tipo de Efecto	Nombre	Grupo edad	Cont.	Métrica	Fuente	Original Location	Beta	Standard Error
Mortalidad Prematura	Exp de Largo Plazo Cardiopulmonar	>30	MP2.5	Annual	Pope et al.	US Metropolitan Areas	0,86%	3,03 E-03
Admisiones Hospitalarias	Congestive Heart Failure	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,31%	1,29 E-03
Admisiones Hospitalarias	Dysrhythmia	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,12%	2,03 E-03
Admisiones Hospitalarias	Ischemic Heart (less Myocardial Infarctions)	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,14%	1,16 E-03
Admisiones Hospitalarias	Chronic Lung	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,12%	2,06 E-03
Admisiones Hospitalarias	Pneumonia	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,40%	1,66 E-03
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	18-64	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,15%	3,68 E-04
Admisiones Hospitalarias	Chronic Lung	18-64	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,24%	7,91 E-04
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	65+	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,16%	3,44 E-04
Admisiones Hospitalarias	Asthma	0-64	MP2.5	D24HourMean	Sheppard	Seattle, WA	0,33%	1,05 E-03
Visitas Sala Urgencia	Asthma	0-17	MP2.5	D24HourMean	Norris et al.	Seattle, WA	1,65%	4,14 E-03
Restricción de Actividad	Dias Laborales Perdidos	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro	Nationwide, USA	0,46%	3,60 E-04
Restricción de Actividad	Dias con Actividad Restringida	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro	Nationwide, USA	0,48%	2,90 E-04
Restricción de Actividad	Dias con Actividad Restringida Menor	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro and Rothschild	Nationwide, USA	0,74%	7,00 E-04
Visitas Sala Urgencia	Bronquitis Aguda	0-17	MP2.5	D24HourMean	Dockery et al.	Six Cities USA	0,44%	2,16 E-03

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Factores de emisión

Tabla 17: Factores de emisión equipo nuevo en [g/kW-hr] según rango de potencia

Potencia (kW)	Norma	BSFC	HC	CO	NOx	MP
kW < 8	Sin norma	248	2,012	6,705	13,410	1,341
	Tier 1	248	1,023	5,515	7,013	0,600
	Tier 2	248	0,739	5,515	5,766	0,671
	Tier 4	248	0,739	5,515	5,766	0,375
8 ≤ kW < 12	Sin norma	248	2,280	6,705	11,399	1,207
	Tier 1	248	0,587	2,898	5,954	0,357
	Tier 2	248	0,587	2,898	5,954	0,357
	Tier 4	248	0,587	2,898	5,954	0,375
12 ≤ kW < 19	Sin norma	248	2,280	6,705	11,399	1,207
	Tier 1	248	0,587	2,898	5,954	0,357
	Tier 2	248	0,587	2,898	5,954	0,357
	Tier 4	248	0,587	2,898	5,954	0,375
19 ≤ kW < 37	Sin norma	248	2,414	6,705	9,253	1,073
	Tier 1	248	0,374	2,055	6,340	0,454
	Tier 2	248	0,374	2,055	6,340	0,454
	Tier 4	248	0,176	0,205	4,023	0,025
37 ≤ kW < 56	Sin norma	248	1,328	4,680	9,253	0,968
	Tier 1	248	0,699	3,172	7,508	0,634
	Tier 2	248	0,492	3,172	6,303	0,322
	Tier 4	248	0,176	0,318	4,023	0,025
56 ≤ kW < 75	Sin norma	248	1,328	4,680	9,253	0,968
	Tier 1	248	0,699	3,172	7,508	0,634
	Tier 2	248	0,492	3,172	6,303	0,322
	Tier 4	248	0,176	0,318	0,370	0,012
75 ≤ kW < 130	Sin norma	223	0,912	3,621	11,238	0,539
	Tier 1	223	0,454	1,162	7,580	0,375
	Tier 2	223	0,454	1,162	5,498	0,241
	Tier 3	223	0,246	1,162	3,353	0,295
130 ≤ kW < 225	Tier 4	223	0,176	0,117	0,370	0,012
	Sin norma	223	0,912	3,621	11,238	0,539
	Tier 1	223	0,414	1,002	7,479	0,338
	Tier 2	223	0,414	1,002	5,364	0,176
225 ≤ kW < 450	Tier 3	223	0,246	1,002	3,353	0,201
	Tier 4	223	0,176	0,101	0,370	0,012
	Sin norma	223	0,912	3,621	11,238	0,539
	Tier 1	223	0,272	1,751	8,067	0,269
450 ≤ kW < 560	Tier 2	223	0,224	1,130	5,813	0,176
	Tier 3	223	0,224	1,130	3,353	0,201
	Tier 4	223	0,176	0,113	0,370	0,012
	Sin norma	223	0,912	3,621	11,238	0,539
560 ≤ kW < 900	Tier 1	223	0,198	1,780	7,807	0,295
	Tier 2	223	0,224	1,780	5,498	0,176
	Tier 3	223	0,224	1,780	3,353	0,201
	Tier 4	223	0,176	0,178	0,370	0,012
kW ≥ 900	Sin norma	223	0,912	3,621	11,238	0,539
	Tier 1	223	0,384	1,025	8,251	0,259
	Tier 2	223	0,224	1,025	5,498	0,176
	Tier 4	223	0,176	0,102	0,617	0,025

Fuente: MMA (2017) a partir de EPA (2004a).

5.5 Factores de deterioro

En la Minuta Estimación de Emisiones de Grupos Electrógenos, MMA (2017) se presenta la metodología utilizada para el cálculo de emisiones de G.E.

Esta metodología considera las siguientes expresiones para el cálculo del factor de deterioro, el cual a su vez depende del Factor de edad.

$$FD = 1 + A * (\text{Factor Edad})^b \qquad SI, (\text{Factor Edad}) \leq 1$$

$$FD = 1 + A \qquad SI, (\text{Factor Edad}) > 1$$

Donde:

A : Constantes para un nivel dado de Tecnología y Contaminación

b : Constante, para vehículos diésel se considera b=1 para un factor de deterioro lineal.

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas acumuladas} \cdot \text{factor de carga})}{\text{vida media a carga completa}}$$

Tabla 18: Valores del coeficiente A.

Contaminante	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0,036	0,034	0,027
CO	0,101	0,101	0,151
NOx	0,024	0,009	0,008
MP	0,473	0,473	0,473

Fuente: EPA (2004a).

Tabla 19: Vida media según potencia de motor.

Potencia (kW)	Vida media (Hrs.)
kW < 19	2.500
19 ≤ kW < 37	2.500
37 ≤ kW < 56	4.667
56 ≤ kW < 75	4.667
75 ≤ kW < 130	4.667
130 ≤ kW < 225	4.667
225 ≤ kW < 450	7.000
450 ≤ kW < 560	7.000
kW ≥ 560	7.000

Fuente: EPA (2004b).

5.6 Factores Emisión Concentración

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 (NOx, SOx, 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.

El FEC, es proporcional a la equivalencia entre contaminantes, tal que:

$$C_{MP_{2,5}} = \sum_i \frac{E_i}{FEC_i} + C_{MP_{2,5}background}$$

Donde i corresponde a las emisiones directas de $MP_{2,5}$ y a sus precursores: NO_x y SO_x .

El cambio en la concentración de un contaminante p , en este caso $MP_{2,5}$; se estima como:

$$\Delta C_{MP_{2,5}} = \sum_i \frac{\Delta E_i}{FEC_i}$$

Para el caso de este AGIES, se consideró el FEC del estudio “Co-beneficios de la Mitigación de GEI” (GreenLabUC 2011), el cual determinó la relación entre emisión de contaminantes y concentración, para cada una de las provincias de Chile y por tipo de sector emisor (tipos de fuentes: Térmicas, Industrial, Industrial del Cobre, CPR y Transporte). Se utilizó el FEC del sector Industrial para esta evaluación.

5.7 Costos incrementales

Con respecto a los costos, estos consideraron los costos incrementales de Maquinaria Fuera de Ruta, los cuales fueron tomados de la tabla 10.2 del estudio Geasur (2014) y anualizados de acuerdo a su vida útil. Los costos presentados en el estudio corresponden al costo incremental desde el paso tecnológico inmediatamente anterior, por lo que en casos de que el cumplimiento normativo requiera mejoras adicionales, los costos incrementales deben sumarse hasta alcanzar la tecnología requerida. El resultado obtenido se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 20: Costos unitarios anualizados de mejora tecnológica [USD/año]

		19 ≤ kW < 37				37 ≤ kW < 56				56 ≤ kW < 75				75 ≤ kW < 130				130 ≤ kW < 450				450 ≤ kW			
		Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 2	Tier 3	Tier 4
Inversión	Sin norma	35	80	140	75	128	180	180	140	180	79	135	480	244	361	745	223	378	755	726	1139	2905			
	Tier 1	29	74	135	37	90	143	143	135	143	39	95	440	122	239	623	111	267	644	363	776	2542			
	Tier 2	0	45	105	0	53	106	106	105	106	0	56	401	0	117	501	0	155	532	0	413	2179			
	Tier 3	0	0	61	0	0	53	53	61	53	0	0	345	0	0	384	0	0	377	0	0	1766			
Operación	Sin norma	145	145	145	41	125	125	145	125	125	43	131	244	-69	-367	-222	-107	-442	-267	-1059	-2420	-1365			
	Tier 1	73	73	73	41	125	125	73	125	43	131	244	244	-69	-367	-222	-107	-442	-267	-1059	-2420	-1365			
	Tier 2	0	0	0	0	84	84	0	84	84	0	88	201	0	-298	-154	0	-335	-159	0	-1361	-306			
	Tier 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	112	0	0	144	0	0	175	0	0	1055			

Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014).

Cabe mencionar que la consultoría sólo presenta costos unitarios incrementales, y que la agregación de los costos fue realizada por el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

5.8 Otros resultados

Tabla 21: Proyección del parque por región, Equipos Diésel con $P \geq 19$ kw.

Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Arica y Parinacota	477	489	501	514	526	540	553	567	581	596	610	626	641	657	674	691
Tarapacá	1.594	1.634	1.675	1.716	1.759	1.803	1.848	1.895	1.942	1.991	2.040	2.091	2.144	2.197	2.252	2.308
Antofagasta	5.604	5.744	5.888	6.035	6.186	6.341	6.499	6.662	6.828	6.999	7.174	7.353	7.537	7.726	7.919	8.117
Atacama	2.043	2.094	2.147	2.200	2.255	2.312	2.370	2.429	2.490	2.552	2.616	2.681	2.748	2.817	2.887	2.959
Coquimbo	2.813	2.884	2.956	3.030	3.105	3.183	3.262	3.344	3.428	3.513	3.601	3.691	3.783	3.878	3.975	4.074
Valparaíso	4.796	4.916	5.038	5.164	5.293	5.426	5.561	5.701	5.843	5.989	6.139	6.292	6.450	6.611	6.776	6.946
Metropolitana*	23.614	24.205	24.810	25.430	26.066	26.718	27.385	28.070	28.772	29.491	30.228	30.984	31.759	32.553	33.367	34.201
O'Higgins	2.852	2.923	2.996	3.071	3.148	3.227	3.307	3.390	3.475	3.562	3.651	3.742	3.836	3.932	4.030	4.131
Maule	3.664	3.756	3.850	3.946	4.045	4.146	4.250	4.356	4.465	4.576	4.691	4.808	4.928	5.051	5.178	5.307
Bío Bío	4.350	4.459	4.570	4.684	4.802	4.922	5.045	5.171	5.300	5.433	5.568	5.708	5.850	5.997	6.146	6.300
Ñuble	872	894	916	939	963	987	1.011	1.037	1.062	1.089	1.116	1.144	1.173	1.202	1.232	1.263
Araucanía	4.133	4.237	4.343	4.451	4.562	4.676	4.793	4.913	5.036	5.162	5.291	5.423	5.559	5.698	5.840	5.986
Los Ríos	1.615	1.656	1.697	1.740	1.783	1.828	1.873	1.920	1.968	2.017	2.068	2.120	2.173	2.227	2.283	2.340
Los Lagos	5.676	5.818	5.963	6.112	6.265	6.422	6.582	6.747	6.916	7.088	7.266	7.447	7.633	7.824	8.020	8.220
Aysén del Gral. CldC	2.828	2.899	2.972	3.046	3.122	3.200	3.280	3.362	3.446	3.532	3.621	3.711	3.804	3.899	3.996	4.096
Magallanes y Ant. Chilena	747	766	785	805	825	845	866	888	910	933	956	980	1.005	1.030	1.056	1.082
Total Nacional	67.680	69.372	71.107	72.884	74.706	76.574	78.488	80.451	82.462	84.523	86.636	88.802	91.022	93.298	95.630	98.021

(*): Se incluye la RM de forma referencial, pero no se evalúa en el AGIES al ya haberse evaluado en el AGIES del PPDA RM

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Proyección emisiones de MP según escenario y región [ton/año], Equipos Diésel con P≥19kw.

Escenario	Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Línea Base	Arica y Parinacota	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	
	Tarapacá	46	48	43	46	47	47	48	50	50	50	52	53	54	55	57	58	59
	Antofagasta	131	133	122	128	132	132	137	140	140	142	146	149	152	156	160	164	168
	Atacama	71	71	66	70	71	71	74	76	76	77	79	81	82	84	86	88	91
	Coquimbo	124	122	118	122	125	125	129	132	132	134	138	141	144	147	151	154	158
	Valparaíso	102	105	94	100	103	102	107	109	109	111	114	116	119	122	125	128	131
	Metropolitana*	618	640	572	608	626	621	648	663	663	672	691	708	721	740	758	776	795
	O'Higgins	73	75	67	71	74	73	76	78	78	79	81	83	85	87	89	91	93
	Maule	90	92	84	88	91	90	94	96	96	98	100	103	105	107	110	113	115
	Ñuble	17	18	16	17	18	17	18	19	19	19	19	20	20	21	21	22	22
	Bío Bío	118	122	109	116	120	119	124	127	127	128	132	135	138	141	145	148	152
	Araucanía	62	64	58	61	63	63	66	67	67	68	70	72	73	75	77	78	80
	Los Ríos	24	25	23	24	25	25	25	26	26	26	27	28	28	29	30	31	31
	Los Lagos	135	137	126	132	136	136	141	144	144	146	150	154	157	161	165	168	173
	Aysén del Gral. CIdC	35	35	33	34	35	35	37	37	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	Magallanes y Ant.Chilena	26	26	24	25	26	26	27	27	27	28	29	29	30	31	31	32	33
	Total Línea Base		1.680	1.722	1.565	1.652	1.701	1.692	1.759	1.799	1.828	1.878	1.922	1.959	2.009	2.058	2.106	2.159
Proyecto	Arica y Parinacota	9	9	9	9	9	9	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Tarapacá	46	48	43	46	47	47	48	48	47	47	47	47	46	45	45	45	
	Antofagasta	131	133	122	128	132	132	137	135	135	131	131	132	128	126	125	125	
	Atacama	71	71	66	70	71	71	74	71	71	68	66	65	62	59	57	56	
	Coquimbo	124	122	118	122	125	125	129	121	121	112	107	104	96	87	82	78	
	Valparaíso	102	105	94	100	103	102	107	106	106	104	105	106	104	103	103	104	
	Metropolitana*	618	640	572	608	626	621	648	646	646	636	640	647	639	635	634	639	
	O'Higgins	73	75	67	71	74	73	76	76	76	74	75	75	74	74	74	74	
	Maule	90	92	84	88	91	90	94	93	93	91	91	91	89	88	88	88	

	17	18	16	17	18	17	18	18	17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19
Ñuble																			
Bío Bío	118	122	109	116	120	119	124	123	121	122	123	121	119	119	119	119	119	119	121
Araucanía	62	64	58	61	63	63	66	66	65	66	67	67	67	67	68	69	70		
Los Ríos	24	25	23	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24
Los Lagos	135	137	126	132	136	136	141	138	133	132	132	128	125	123	122	122	122	122	122
Aysén del Gral. CldC	35	35	33	34	35	35	37	36	36	36	36	36	35	35	35	35	35	35	36
Magallanes y Ant.Chilena	26	26	24	25	26	26	27	26	24	24	23	22	21	20	20	20	19		
Total Proyecto	1.680	1.722	1.565	1.652	1.701	1.692	1.759	1.737	1.693	1.694	1.702	1.664	1.636	1.624	1.625	1.637			

(*): Se incluye la RM de forma referencial, pero no se evalúa en el AGIES al ya haberse evaluado en el AGIES del PPDA RM

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Proyección emisiones de NOx según escenario y región [ton/año], Equipos Diésel con P≥19kw.

Escenario	Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Línea Base	Arica y Parinacota	206	208	206	211	215	220	225	230	235	241	247	252	258	265	271	278
	Tarapacá	1.056	1.065	1.053	1.075	1.099	1.122	1.148	1.174	1.202	1.230	1.260	1.289	1.320	1.353	1.386	1.420
	Antofagasta	2.960	2.985	2.959	3.022	3.088	3.152	3.226	3.299	3.376	3.457	3.539	3.622	3.710	3.800	3.894	3.990
	Atacama	1.619	1.627	1.620	1.654	1.689	1.724	1.763	1.803	1.844	1.888	1.933	1.978	2.026	2.076	2.126	2.179
	Coquimbo	2.844	2.846	2.852	2.912	2.974	3.032	3.099	3.169	3.242	3.319	3.398	3.478	3.561	3.648	3.736	3.828
	Valparaíso	2.289	2.311	2.283	2.332	2.383	2.433	2.491	2.548	2.607	2.670	2.734	2.798	2.866	2.936	3.008	3.083
	Metropolitana*	14.001	14.144	13.949	14.249	14.563	14.869	15.223	15.572	15.933	16.316	16.706	17.098	17.514	17.944	18.385	18.839
	O'Higgins	1.635	1.651	1.628	1.664	1.700	1.736	1.777	1.818	1.861	1.905	1.951	1.997	2.045	2.096	2.147	2.200
	Maule	2.018	2.036	2.013	2.057	2.102	2.146	2.196	2.247	2.299	2.355	2.411	2.468	2.528	2.590	2.654	2.719
	Ñuble	388	393	387	395	404	412	422	432	442	453	464	475	486	498	511	523
Bío Bío	2.692	2.719	2.683	2.740	2.800	2.858	2.926	2.992	3.061	3.135	3.209	3.284	3.364	3.446	3.531	3.618	
Araucanía	1.363	1.380	1.363	1.392	1.423	1.453	1.488	1.523	1.558	1.596	1.634	1.672	1.713	1.755	1.798	1.843	
Los Ríos	536	541	538	549	561	573	587	600	614	629	644	659	675	691	708	726	
Los Lagos	3.044	3.066	3.044	3.109	3.176	3.242	3.317	3.392	3.471	3.554	3.639	3.725	3.815	3.908	4.004	4.103	
Aysén del Gral. CldC	779	785	784	801	818	835	855	874	895	916	938	961	984	1.008	1.033	1.058	

000555

	Magallanes y Ant. Chilena	589	591	589	602	615	627	641	655	671	687	703	719	737	755	773	792
Total Línea Base	38.020	38.349	37.951	38.763	39.611	40.435	41.383	42.329	43.312	44.351	45.409	46.476	47.603	48.769	49.965	51.199	
Arica y Parinacota	206	208	206	211	215	220	225	222	219	220	220	222	217	212	210	210	210
Tarapacá	1.056	1.065	1.053	1.075	1.099	1.122	1.148	1.134	1.122	1.125	1.125	1.136	1.108	1.085	1.076	1.080	
Antofagasta	2.960	2.985	2.959	3.022	3.088	3.152	3.226	3.179	3.141	3.145	3.174	3.085	3.012	2.981	2.974	2.978	
Atacama	1.619	1.627	1.620	1.654	1.689	1.724	1.763	1.713	1.668	1.654	1.654	1.656	1.549	1.454	1.400	1.336	
Coquimbo	2.844	2.846	2.852	2.912	2.974	3.032	3.099	2.963	2.840	2.789	2.766	2.471	2.202	2.043	1.920	1.821	
Valparaíso	2.289	2.311	2.283	2.332	2.383	2.433	2.491	2.469	2.452	2.463	2.495	2.456	2.429	2.427	2.441	2.463	
Metropolitana*	14.001	14.144	13.949	14.249	14.563	14.869	15.223	15.114	15.031	15.114	15.317	15.140	15.025	15.043	15.155	15.314	
O'Higgins	1.635	1.651	1.628	1.664	1.700	1.736	1.777	1.762	1.749	1.758	1.781	1.755	1.738	1.738	1.750	1.767	
Maule	2.018	2.036	2.013	2.057	2.102	2.146	2.196	2.167	2.143	2.149	2.173	2.121	2.080	2.069	2.073	2.086	
Ñuble	388	393	387	395	404	412	422	421	421	424	432	432	434	439	445	453	
Bío Bío	2.692	2.719	2.683	2.740	2.800	2.858	2.926	2.902	2.884	2.895	2.930	2.883	2.848	2.840	2.850	2.870	
Araucanía	1.363	1.380	1.363	1.392	1.423	1.453	1.488	1.485	1.484	1.498	1.524	1.529	1.539	1.555	1.578	1.605	
Los Ríos	536	541	538	549	561	573	587	579	573	574	581	568	557	554	555	557	
Los Lagos	3.044	3.066	3.044	3.109	3.176	3.242	3.317	3.254	3.201	3.197	3.220	3.094	2.987	2.937	2.913	2.904	
Aysén del Gral. CidC	779	785	784	801	818	835	855	845	838	843	854	839	827	826	831	838	
Magallanes y Ant. Chilena	589	591	589	602	615	627	641	621	604	598	598	554	516	494	478	466	
Total Proyecto	38.020	38.349	37.951	38.763	39.611	40.435	41.383	40.831	40.370	40.446	40.855	39.799	38.945	38.633	38.611	38.749	

(*) Se incluye la RM de forma referencial, pero no se evalúa en el AGIES al ya haberse evaluado en el AGIES del PPDA RM
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Proyección emisiones de SOx según escenario y región [ton/año], Equipos Diésel con P≥19kw.

Escenario	Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Línea Base	Arica y Parinacota	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
	Tarapacá	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4
	Antofagasta	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7
	Atacama	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2
	Coquimbo	6,3	6,5	6,6	6,8	7,0	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1

Valparaíso	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4
Metropolitana*	31,1	31,9	32,7	33,5	34,4	35,2	36,1	37,0	37,9	38,9	39,8	40,8	41,9	42,9	44,0	45,1
O'Higgins	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3
Maule	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2	6,4	6,6
Ñuble	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
Bío Bío	5,9	6,1	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6
Araucanía	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6
Los Ríos	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
Los Lagos	6,9	7,1	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,3	9,5	9,7	10,0
Aysén del Gral. CidC	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8
Magallanes y Ant.Chilena	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9
Total Línea Base	85,2	87,3	89,5	91,8	94,1	96,4	98,8	101,3	103,8	106,4	109,1	111,8	114,6	117,5	120,4	123,4
Arica y Parinacota	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tarapacá	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
Antofagasta	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	8,5	8,6	8,6	8,7	8,8	9,0
Atacama	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
Coquimbo	6,3	6,5	6,6	6,8	7,0	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	7,9	7,7	7,7	7,7	7,7
Valparaíso	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,9	7,0
Metropolitana*	31,1	31,9	32,7	33,5	34,4	35,2	36,1	36,9	37,7	38,7	39,6	40,0	40,4	41,0	41,8	42,6
O'Higgins	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	5,0
Maule	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,6	5,8	5,8	5,8	5,9	6,0	6,1
Ñuble*	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
Bío Bío	5,9	6,1	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,6	7,7	7,8	7,9	8,1
Araucanía	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4
Los Ríos	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Los Lagos	6,9	7,1	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,3	8,5	8,8	8,8	8,8	8,8	9,0	9,1
Aysén del Gral. CidC	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
Proyecto																



Magallanes y Ant.Chilena	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
Total Proyecto	85,2	87,3	89,5	91,8	94,1	96,4	98,8	101,0	103,3	105,8	108,4	108,9	109,5	110,8	112,6	114,5

(*): Se incluye la RM de forma referencial, pero no se evalúa en el AGIES al ya haberse evaluado en el AGIES del PPD A RM
Fuente: Elaboración propia

6. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Emisión de Grupos electrógenos.
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Norma de Emisión de Grupos electrógenos.
	Tipo de regulación	Norma de emisión de entrada nacional
	Fecha de término del AGIES	25/10/2019
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Nuevo
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	Ninguna
	Nivel de evaluación de beneficios	Se valoraron beneficios en salud y costos de mejora tecnológica.
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 15
	Tasas de incidencia	GreenLabUC (2015)
	Valor de la vida estadística	17.260 UF al año 2019, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población
	Modelo de dispersión	FEC Cobeneficios
	Beneficios marginales por concentración de MP _{2,5}	(MMA 2013)
	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2030: MP: 374 [ton/año].
	Años de evaluación	2020-2030
Parámetros	Valor del dólar	726,1 pesos/dólar
	Valor de la UF	28.065 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	US\$5 millones de USD
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	US\$161 millones de USD

7. Bibliografía

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.

CDEC SIC (2015) Estudio de Previsión de Demanda 2015-2035 (2050).

EPA (2000). Guidelines for preparing economic analyses. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.

EPA (2004a). Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition.

EPA (2004b). Median Life, Annual Activity and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissiones Modeling.

Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."

Geasur (2014). Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país, ID Licitación 608897-54-LE14.

GreenLabUC (2015). Actualización de tasas de incidencia base, valores unitarios por eventos de morbilidad y análisis de funciones dosis – respuesta para contaminación atmosférica, Preparado para Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-148-LE14.

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). 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.

MMA (2017). Minuta estimación de emisiones de Grupos Electrónicos.