



## ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES PARA NORMA DE EMISIÓN VEHÍCULOS PESADOS



## **“ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES PARA NORMA DE EMISIÓN VEHÍCULOS PESADOS”**

Documento elaborado en el marco del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina - CALAC+ (Fase 2) financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación - COSUDE y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico – Swisscontact.

El presente documento es de carácter informativo y no necesariamente refleja los puntos de vista u opiniones de las organizaciones y gobiernos participantes.

Las denominaciones utilizadas y la presentación del material de esta publicación no implican en lo absoluto la expresión de ninguna opinión sobre el estatus legal de un país, territorio, ciudad o área, sobre sus autoridades.

Lo contenido en este documento debe ser estudiado con cuidado, por las entidades o gobiernos interesados, considerando las condiciones locales propias (ej. riesgos para salud, viabilidad tecnológica, aspectos económicos, factores políticos y sociales, nivel de desarrollo, la capacidad nacional o local, entre otros) antes de adoptar total o parcialmente contenidos de este documento directamente en instrumentos con validez jurídica.

Elaborado por:

**Paulina Schulz Antipa**

Revisado por:

**Nancy Manríquez** - Encargada de Regulación de Fuentes Móviles, MMA

**Carla Gallardo** - Coordinadora Programa de Evaluación de Políticas Públicas, MMA

**Adrián Montalvo** - Director Programa CALAC+

**Freddy Koch** - Coordinador Componente 1 Programa CALAC+

**Carol Arenas** - Coordinadora en Chile Programa CALAC+

Foto de la carátula: CALAC+, bus RED Santiago – Chile.

Edición: mayo 2022

LOS TEXTOS PUEDEN SER MENCIONADOS TOTAL O PARCIALMENTE CITANDO LA FUENTE

## Resumen ejecutivo

El presente documento fue elaborado en el contexto de la implementación del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+), de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Este documento presenta la metodología aplicada y los resultados de la evaluación económica y social de la introducción de la normativa de emisión equivalente a Euro VI para vehículos pesados a partir del año 2025 a nivel nacional. La metodología se basa en las recomendaciones del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) para la elaboración de “Análisis General de Impacto Económico y Social” (AGIES) asociados al medio atmosférico, la que considera la elaboración de un análisis costo-beneficio.

Los costos considerados corresponden a los costos incrementales de inversión, de operación, mantenimiento y de certificación de los nuevos modelos que ingresarían al parque vehicular. Como parte de los beneficios se considera mortalidad, morbilidad y productividad perdida evitada debido a mejoras de la calidad del aire, beneficios debido a emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y ahorros de combustible derivados de la normativa.

El detalle de la metodología para la proyección del parque vehicular se presenta en la sección 2, la metodología para el cálculo de emisiones en la sección 3, la metodología de costos y beneficios se presenta en la sección 4 y en la sección 5 se presentan los resultados del análisis.

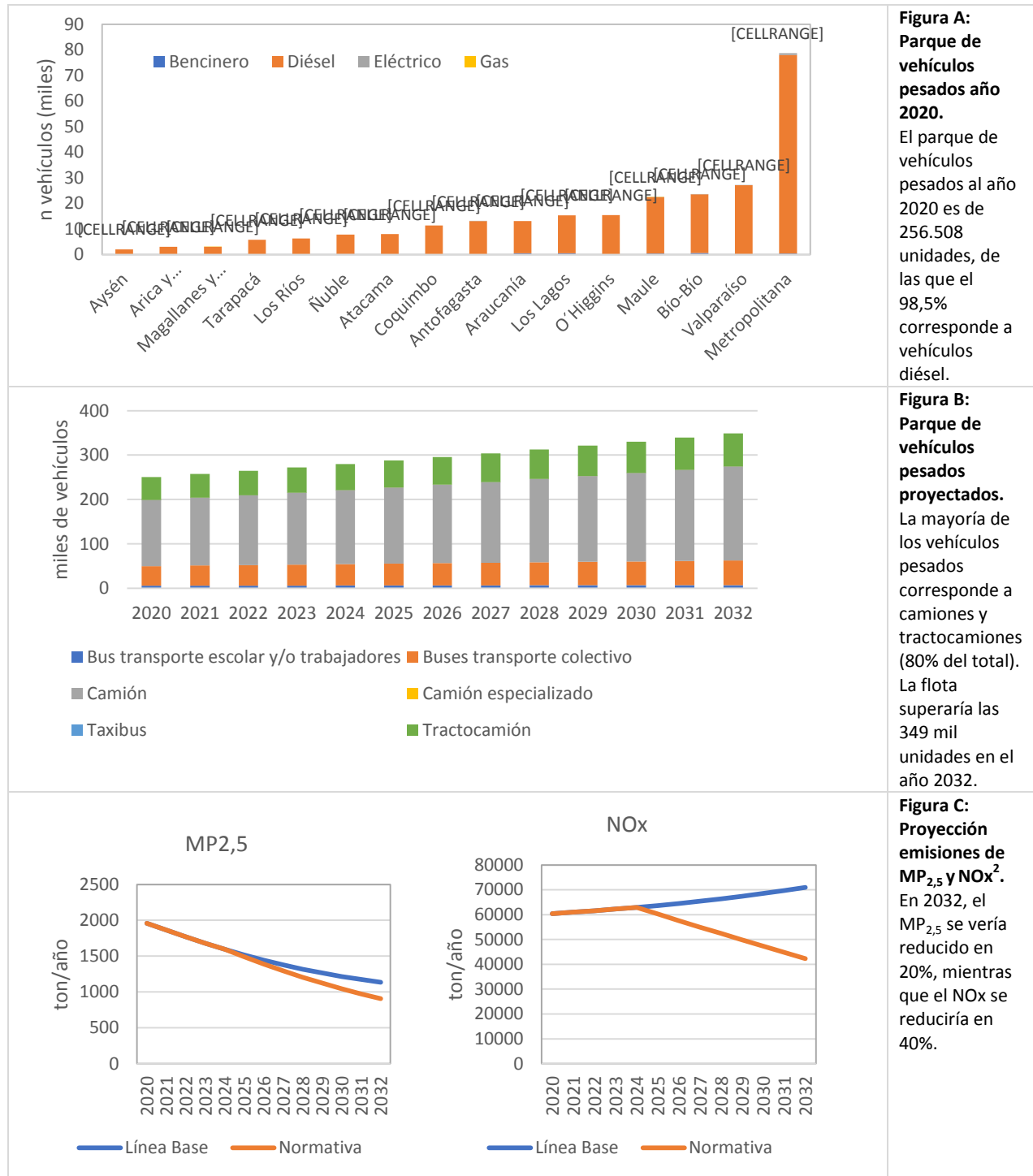
Los principales resultados son los siguientes:

- Al año 2032 la reducción de emisiones de MP<sub>2,5</sub> alcanzaría 230 ton/año, mientras que el NOx se reduciría en 28.642 ton/año, correspondiendo a una reducción del 20% y 40% respectivamente, con respecto a la línea base.
- La concentración ambiental de MP<sub>2,5</sub> se reduciría en promedio 1.13 µg/m<sup>3</sup>, pero variando de acuerdo con las zonas geográficas.
- La normativa evitaría 2.651 muertes prematuras en 2032, con un acumulado de muertes evitadas entre 2025 y 2032 de 10.780 muertes. Eventos de morbilidad y productividad perdida también se verían reducidos en el tiempo.
- La normativa tendría beneficios de \$5.779 millones de USD y costos de \$564 millones de USD en valor presente, resultando un VPN de \$5.215 millones<sup>1</sup>.
- La razón beneficio-costo se estima en 10, implicando una alta rentabilidad social.

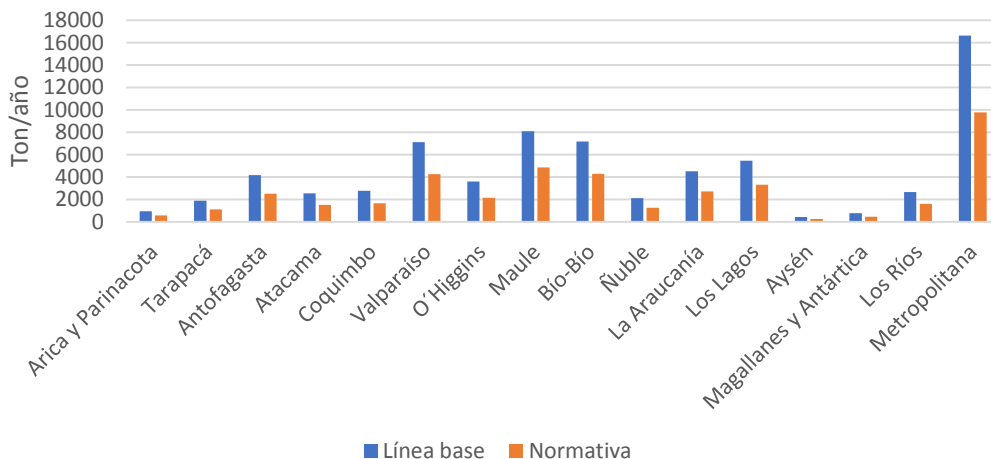
A continuación, las figuras A a F presentan los principales resultados obtenidos.

---

<sup>1</sup> El valor presente se calcula para el año 2022, considerando flujos hasta el año 2032. Se asume un valor de la UF de 31.775,27 pesos, un tipo de cambio de 807.88 pesos por dólar y un valor de la vida estadística de 17.788 UF en 2022.



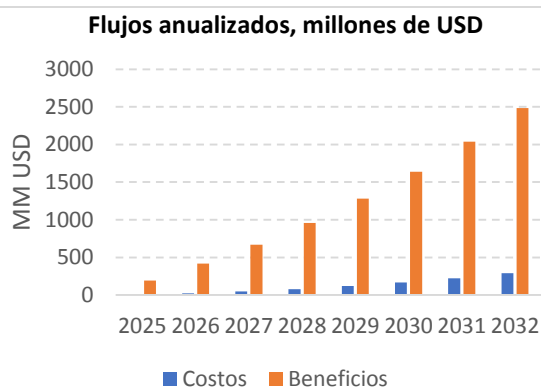
<sup>2</sup> Las emisiones de MP<sub>2,5</sub> y NO<sub>x</sub> de línea base y con normativa serían decrecientes en el tiempo, debido a que en la línea base ingresarían vehículos Euro V, con emisiones bajas comparadas con estándares anteriores.



**Figura D: Emisiones NOx de línea base y con normativa, año 2032.**  
Las emisiones de NOx se reducirían entre un 39 y 41%, dependiendo de la región del país.

Evento	Casos evitados 2032 (p 50)	Intervalo de confianza al 90%	Casos evitados 2025-2032 (p50)	Intervalo de confianza al 90%
Mortalidad	2.651	[1881; 3591]	10.780	[7732; 14535]
Admisiones hospitalarias	2.006	[1262; 2593]	8.321	[5266; 10701]
Visitas Salas de Emergencia	37.216	[25323; 48990]	168.001	[114957; 221316]
Productividad perdida (días)	4.621.591	[4400394; 4916387]	20.467.500	[19496405; 21774353]

**Figura E: Casos Evitados por MP<sub>2,5</sub>**  
El año 2032 se evitarían 2.651 muertes prematuras, mientras que el acumulado 2025- 2032 llegaría a 10.780.



Indicador	Valor MMUSD
VP Costos	564
VP Beneficios	5.779
B/C	10,2
VAN	5.215

**Figura F: Indicadores económicos**  
La presente normativa tiene una relación beneficio costo de 10 y valor actual neto de 5.215 millones de dólares.

## Índice de contenidos

Resumen ejecutivo.....	1
Acrónimos y abreviaciones .....	6
1 Introducción.....	8
2 Parque vehicular .....	9
2.1 Parque del año base.....	9
2.2 Proyección del parque .....	11
2.2.1 Ingreso de vehículos .....	12
2.2.2 Tasa de retiro .....	12
2.2.3 Crecimiento neto .....	13
3 Cálculo de emisiones.....	14
3.1 Metodología.....	14
3.2 Factores de emisión .....	16
3.2.1 Correspondencias entre categorías vehiculares.....	17
3.3 Factores de ajuste por deterioro .....	20
3.4 Otros supuestos .....	20
4 Metodología de beneficios y costos .....	24
4.1 Beneficios en salud humana .....	24
4.1.1 Factores emisión-concentración (FEC).....	25
4.1.2 Funciones concentración-respuesta .....	26
4.1.3 Valoración de los impactos en salud.....	26
4.2 Beneficios debido a CO <sub>2</sub> evitado.....	27
4.3 Beneficios debido a ahorros de combustibles.....	27
4.4 Costos de inversión.....	27
4.5 Costos de operación y mantención.....	28
4.6 Costos de certificación .....	28
4.7 Análisis costo-beneficio .....	28
5 Resultados.....	30
5.1 Parque proyectado.....	30
5.2 Emisiones en el tiempo .....	31
5.3 Reducción de concentración ambiental de MP <sub>2,5</sub> e impactos en salud.....	34
5.4 Indicadores del análisis costo beneficio.....	36
6 Conclusiones .....	39

7	Referencias.....	40
8	Anexo extracción de datos en modelo de beneficios DEA .....	42

## Acrónimos y abreviaciones

### Instituciones

ANAC	Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G.
CALAC+	Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina
EEA	Agencia Ambiental Europea ( <i>European Environment Agency</i> )
INE	Instituto Nacional de Estadísticas, Chile
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
SECTRA	Programa de Vialidad y Transporte Urbano

### Abreviaciones

ACB	Análisis Costo Beneficio
AGIES	Análisis General del Impacto Económico y Social
FD	Factor de deterioro
FE	Factor de emisión
FEC	Factores emisión-concentración
NA	Nivel de actividad
USD	Dólares de Estados Unidos
VP	Valor presente de flujos descontados
VSL	Valor de la vida estadística (en inglés <i>Value of the statistical life</i> )
3CV	Centro de Control y Certificación Vehicular

### Contaminantes y sustancias

BC	Carbono negro (por sus siglas en inglés)
HC	Hidrocarburos
CH <sub>4</sub>	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono



COV	Compuestos orgánicos volátiles
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos
GEI	Gases de efecto invernadero
MP	Material particulado (por sus siglas en inglés)
MP <sub>2,5</sub>	Material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 µg/m <sup>3</sup>
MP <sub>10</sub>	Material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 10 µg/m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
NOx	Óxidos de nitrógeno
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre

#### **Unidades**

g/km	gramos por kilómetro
MJ/km	Megajulio por kilómetro
µg/m <sup>3</sup>	Microgramos por metro cúbico
CLP	Pesos Chilenos
kW	Kilowatt (unidad de potencia)
MM	Millones
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
USD	Dólares de Estados Unidos

## 1 Introducción

La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), a través de su Programa Global de Cambio Climático, está impulsando la implementación del Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+), que busca fomentar la reducción de contaminantes del aire perjudiciales para la salud humana y mitigar el cambio climático. El programa busca también facilitar la creación de capacidades y transferencia de conocimientos.

En el marco del primer objetivo del Programa CALAC+ sobre Buses sin hollín y bajos en emisiones de carbono, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) solicitaron asistencia técnica para la elaboración de los antecedentes e insumos técnicos para generar una norma de emisión de ingreso para vehículos pesados.

Dada la necesidad de reducir las emisiones de dichos vehículos que ingresan al país, la nueva propuesta normativa establece la exigencia de límites máximos de emisión, equivalente a Euro VI o a la norma de los Estados Unidos de Norteamérica equivalente, las que para su cumplimiento requieren que los motores incorporen tecnología de punta tales como filtros de partículas y sistemas de reducción para controlar los óxidos de nitrógeno.

La Tabla 1-1 presenta un resumen del alcance del estudio.

Tabla 1-1. Alcance del estudio

Ítem	Alcance
Normativa	Norma de emisión para vehículos pesados
Tipo de vehículos	Pesados (excluye RED, ex Transantiago)
Alcance geográfico	Nacional
Alcance temporal	10 años desde la vigencia de la normativa (2035 aprox.)
Contaminantes	MP; MP <sub>10</sub> ; MP <sub>2,5</sub> ; SO <sub>2</sub> ; NOx; CO <sub>2</sub> ; carbono negro
Tipos de costos	Costos incrementales de inversión, operación y mantención
Tipos de beneficios	CO <sub>2eq</sub> evitado Mortalidad evitada Morbilidad evitada

## 2 Parque vehicular

### 2.1 Parque del año base

El parque vehicular utilizado para el año base corresponde al parque 2020, de acuerdo con datos del INE. Debido a que la base de datos pública no contiene toda la información requerida para el cálculo de emisiones (como tipo de combustible utilizado y año de fabricación), se realizó una solicitud de información a dicho organismo, la cual fue utilizada en el presente análisis. La base de datos recibida identifica la comuna de registro, el tipo de vehículo, tipo de motor (o combustible utilizado), año de fabricación, marca y modelo de cada vehículo en circulación.

La base de datos del parque incluye categorías no motorizadas, maquinarias, motos, vehículos livianos, medianos y pesados. Para el presente análisis se considerarán solo las categorías correspondientes a vehículos pesados, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2-1.

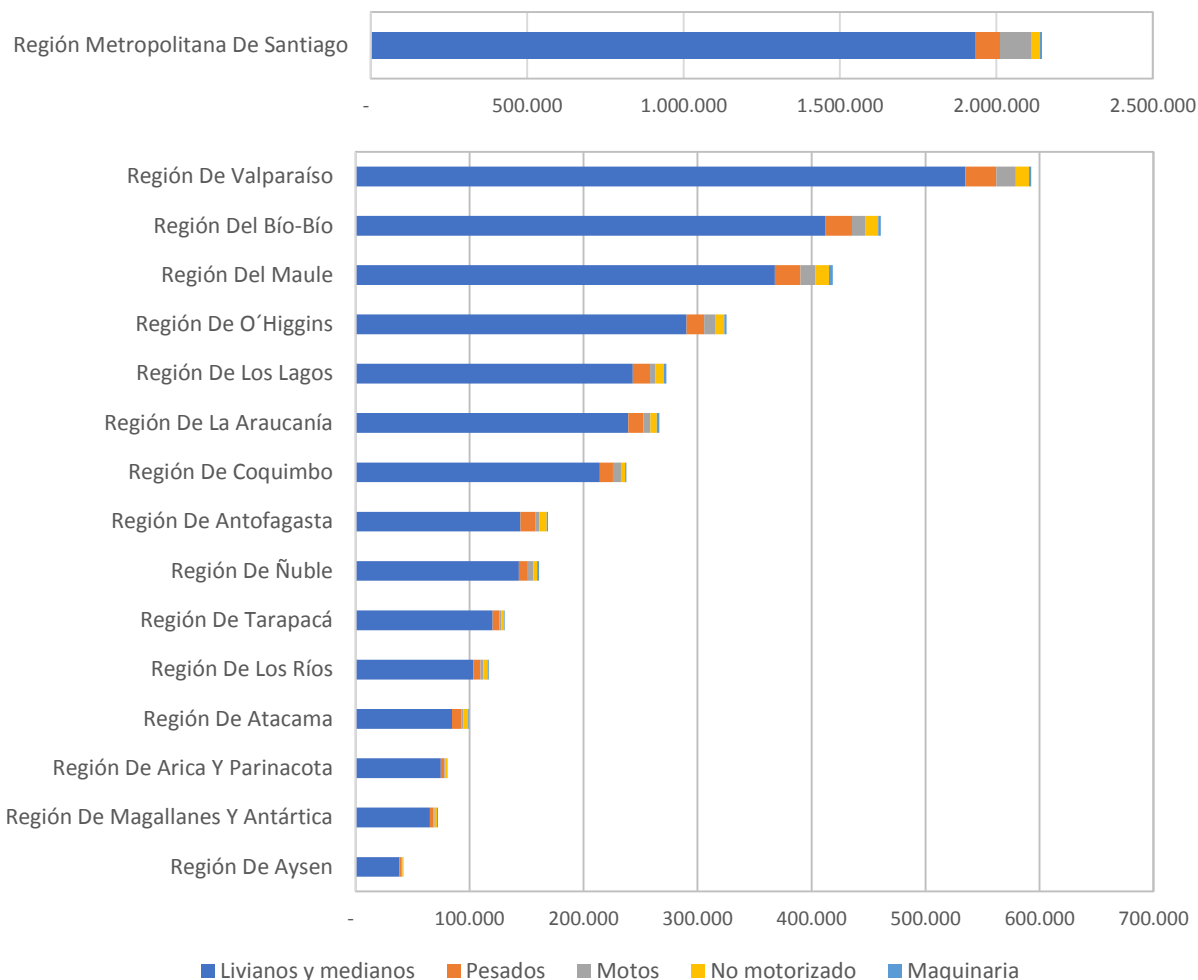
Tabla 2-1. Diccionario categorías INE con clasificación según tamaño o tipo de vehículo

COD_TIPO	I_MT_GLOSA_TIPO	Tipo
1	Automóvil particular	Livianos y medianos
2	Station Wagon	Livianos y medianos
3	Todo Terreno (Tipo Jeep)	Livianos y medianos
4	Furgón.	Livianos y medianos
5	Casas Rodante (con motor)	Livianos y medianos
6	Minibus Particular	Livianos y medianos
7	Camioneta	Livianos y medianos
8	Motos	Motos
10	Casa rodante remolque hasta 1750 kgrs.	No motorizado
11	Carro de arrastre hasta 1750 krs	No motorizado
13	Taxi básico	Livianos y medianos
14	Taxi colectivo	Livianos y medianos
15	Taxi Turismo	Livianos y medianos
16	Minibus transporte colectivo	Livianos y medianos
17	Minibus escolares y/o trabajadores	Livianos y medianos
18	Taxibus	Pesados
19	Buses transporte colectivo	Pesados
20	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Pesados
22	Camión	Pesados
23	Tractocamión	Pesados
24	Camión especializado	Pesados
26	Tractor agrícola	Maquinaria
27	Maquinaria automotriz especializada	Maquinaria
29	Remolque sobre 1750 Kgrs	No motorizado
30	Semirremolque	No motorizado

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2021).

La Figura 2-1 presenta el parque total nacional en el año 2020, distribuido según región. Como se observa en la figura, los vehículos pesados corresponden a una pequeña fracción del parque total (4,6%), con 256.508 unidades el año 2020.

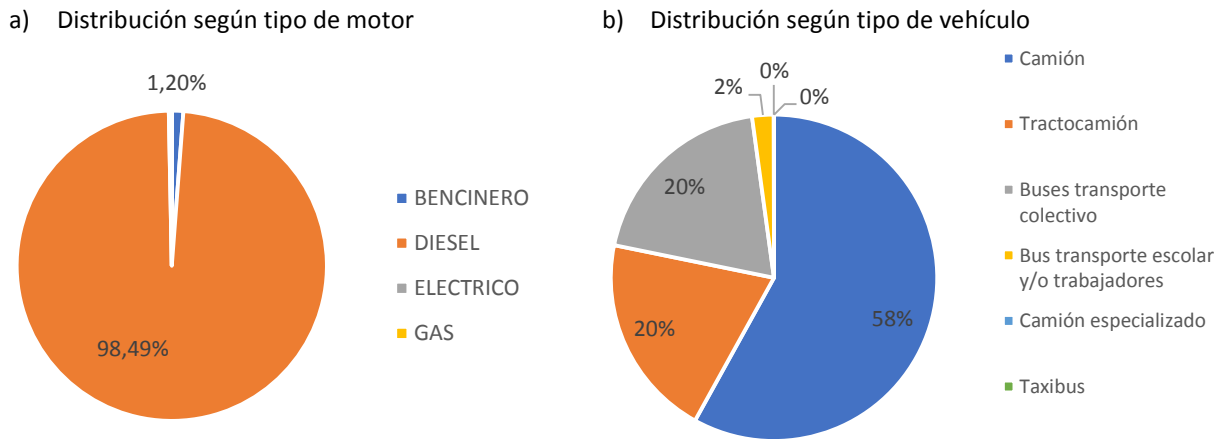
Figura 2-1. Parque nacional en año 2020, según tipo de vehículo.



Fuente: Elaboración propia en base a INE (2021).

La Figura 2-2 presenta la distribución del parque de vehículos pesados según tipo de motor (parte a) y según tipo de vehículo (parte b). Como se observa, la gran mayoría de vehículos pesados tiene motor diésel, seguido de motores bencineros. Los vehículos eléctricos ascenderían a 797 unidades, equivalentes al 0,31% del parque. De estos, el 98,2% corresponde a buses de transporte colectivo y un 1,8% a camiones.

Figura 2-2. Distribución del parque de vehículos pesados



Fuente: Elaboración propia en base a (INE, 2021)

## 2.2 Proyección del parque

Como se mencionó anteriormente, el parque vehicular debe proyectarse desde el año 2020 hasta el año final de la evaluación, dando cuenta de la evolución tecnológica del parque, tanto para la línea base como para el escenario con nueva normativa.

El número de vehículos en el periodo  $t$  se determina de acuerdo con los vehículos existentes en el parque el año anterior,  $t-1$ , los vehículos que ingresan al parque en el año  $t$  y los vehículos que se retiran del parque en el mismo año, de acuerdo con la expresión ( 2-1).

$$\text{Vehiculos}_t = \text{Vehiculos}_{t-1} + \text{VehiculosEntran}_t - \text{VehiculosSalen}_t \quad (2-1)$$

El supuesto de evaluación es que los vehículos que entran al parque cumplirán el estándar de emisión vigente en el año de ingreso. El número de vehículos que ingresa cada año se calcula de acuerdo con los datos de ventas históricas de buses y camiones, de acuerdo con los datos de ANAC, como se indica en la sección 2.2.1.

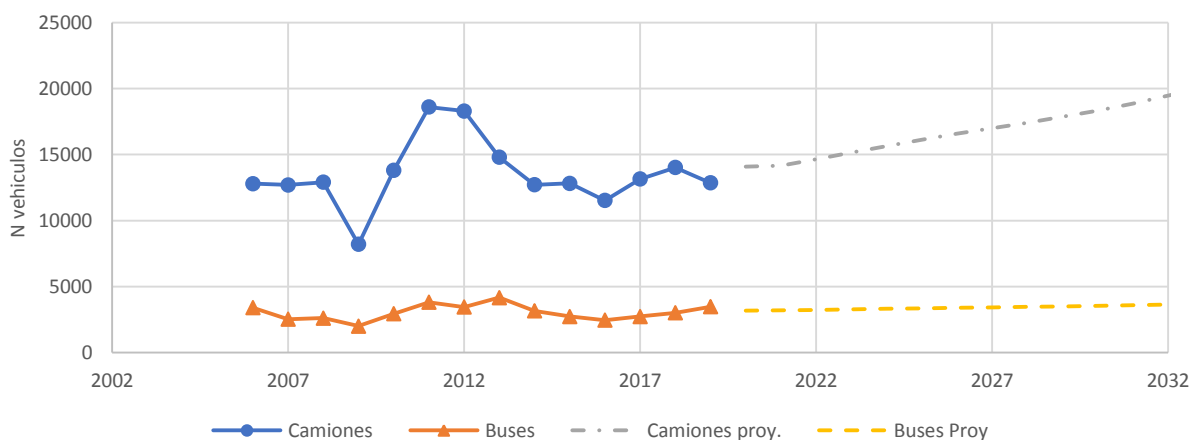
Del mismo modo, los vehículos que se retiran del parque cada año se calculan como un porcentaje respecto al parque existente en el periodo anterior, de acuerdo con la expresión ( 2-2). La tasa de retiro utilizada se documenta en la sección 2.2.2.

$$\text{VehiculosSalen}_t = \text{TasaRetiro}(\text{antiguedad}) * \text{Vehiculos}_{t-1} \quad (2-2)$$

### 2.2.1 Ingreso de vehículos

Para proyectar el ingreso futuro de buses y camiones al parque vehicular se determina el número de vehículos que debe ingresar al parque anualmente tal que el crecimiento neto del parque (considerando el retiro) sea de un 2.8% anual. Las ventas futuras proyectadas y los datos de ventas históricas se presentan en la Figura 2-3.

Figura 2-3. Ventas históricas de buses y camiones (2006 a 2019) y proyección 2020 a 2032.

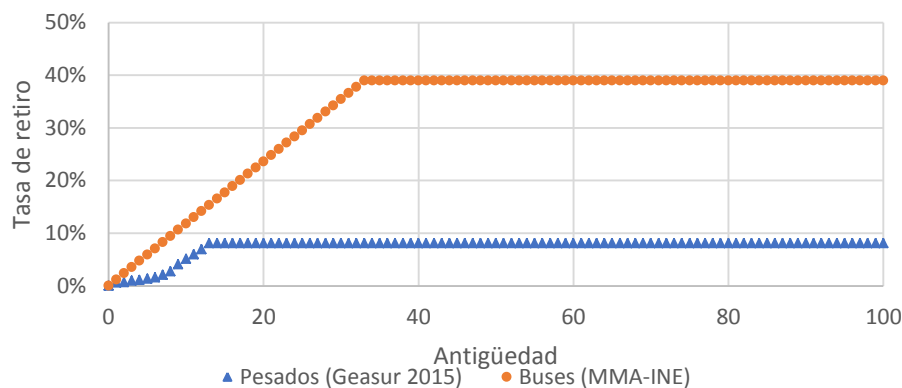


Fuente: Elaboración propia en base a datos de ANAC (ANAC, 2018, 2019, 2021)

### 2.2.2 Tasa de retiro

La tasa de retiro de buses y camiones dependerá de la antigüedad de estos. Se evaluó la opción de aplicar una tasa de retiro diferenciada a buses y camiones: para camiones la tasa de retiro del estudio Geasur 2015 y para buses la curva de retiro elaborada por el MMA basada en datos del INE. Ambas curvas de retiro se presentan en la Figura 2-4.

Figura 2-4. Tasas de retiro para vehículos pesados de carga y de pasajeros



Fuente: Elaboración propia en base a (Geasur, 2015) y a datos MMA-INE.

Finalmente se optó por aplicar la misma tasa de retiro a buses y camiones, en base a Geasur 2015, por considerarse que el retiro “MMA-INE” es alto comparado con las tasas de ventas vehiculares. El modelo desarrollado permite la implementación de ambas opciones.

### 2.2.3 Crecimiento neto

Como se indicó en expresión ( 2-1), el crecimiento neto del parque dependerá de los vehículos entrantes y salientes en cada año. La tasa de retiro se asume constante en el tiempo, dependiendo de la antigüedad de los vehículos. El crecimiento neto del parque se asume igual a 2.8%, de acuerdo a los datos del parque vehicular INE. El crecimiento neto se presenta en la Tabla 2-2. Mayor detalle del parque proyectado se encuentra en la sección 5.1.

Tabla 2-2. Crecimiento neto del parque de vehículos pesados con respecto al año anterior.

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%

Fuente: Elaboración propia

### 3 Cálculo de emisiones

#### 3.1 Metodología

A continuación, se detalla el cálculo de las emisiones de la flota para el escenario de línea base y el escenario normativo. La reducción de emisiones para cada año y contaminante corresponderá a la diferencia entre las emisiones de línea base y el escenario normativo, como se indica en la ecuación (3-1).

$$\text{Reducción Emisiones} = \text{Emisiones LB} - \text{Emisiones Normativa} \quad (3-1)$$

La metodología propuesta para el cálculo de emisiones se basa en la guía de inventarios de contaminantes atmosféricos de la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2019), de su capítulo “1.A.3.b.i-iv Road transport hot EFs Annex 2018”. La guía presenta tres niveles de factores de emisión, dependiendo de la disponibilidad de información: Tier 1, Tier 2 y Tier 3. La metodología Tier 1 es la que requiere menor información para su aplicación, presentando factores de emisión por defecto para países de Europa, según tipo de vehículo y combustible utilizado. La metodología Tier 2 requiere más información que la metodología Tier 1, requiriéndose para su uso conocer la desagregación del parque según estándar de emisión, tipo de vehículo y combustible utilizados. Los factores de emisión Tier 3 requieren conocer además las velocidades de circulación de los vehículos. Los factores Tier 2 son calculados a partir de factores Tier 3, asumiendo valores típicos de velocidad de circulación, entre otros parámetros de operación, correspondientes a condiciones promedio de operación de los vehículos en Europa.

En la presente evaluación se cuenta con la información necesaria para aplicar los factores de emisión Tier 3, por lo que se opta por dichos factores. En términos generales, las emisiones vehiculares se calcularán utilizando factores de emisión de la EEA y parámetros locales de composición de la flota (tipo de vehículo, estándar de emisión y combustibles utilizados) y niveles de actividad locales. La ecuación (3-2) presenta la fórmula de cálculo de las emisiones.

$$E_i = \sum_s \sum_f FE_{ifs}(v) * NA_i * FA_{ifs} \quad (3-2)$$

Dónde:

$E_i$ : Emisión vehículos tipo i

$FE_{ifs}$ : Factor de emisión (en el caso de factores Tier 3, depende de la velocidad) vehículo tipo i, combustible tipo f, estándar de emisión tipo s (gr/Km).

$NA_i$ : Nivel de actividad vehículo tipo i (km/año).

$FA_{ifs}$ : Factor de ajuste por deterioro vehículo tipo i, combustible tipo f, estándar de emisión tipo s.

A partir de factores de emisión se calcularán las emisiones de material particulado, carbono negro, óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM). Posteriormente, a



partir del consumo de combustible es posible calcular las emisiones de óxidos de azufre (SOx) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las emisiones de SO<sub>2</sub> dependen del consumo de combustible y del contenido de azufre de los mismos de acuerdo a la expresión ( 3-3).

$$E_{SO_2,m} = 2 * K_{S,m} * FC_m \quad (3-3)$$

Donde:

$E_{SO_2,m}$ : Emisiones de SO<sub>2</sub> en combustible m [g]

$K_{S,m}$ : Contenido de azufre en el combustible m [g/g combustible]

$FC_m$ : Consumo de combustible m [g]

Las emisiones de dióxido de carbono, además de depender del consumo de combustible, dependen del tipo de combustible y de las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos y de material particulado. Para el presente análisis, se considerarán los kilogramos de CO<sub>2</sub> liberados por kg de combustible presentados en la Tabla 3-1, correspondientes a la metodología Tier 1. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se obtienen de la multiplicación del consumo de combustible por los valores indicados en la tabla.

Tabla 3-1: Kilogramos de CO<sub>2</sub> por kg de combustible, TIER 1.

Combustible original	Combustible Local	kg CO <sub>2</sub> por kg de combustible
Petrol	Gasolina	3,17
Diesel	Diésel	3,17
CNG	GNV	3,02
LPG	GLP	2,74

Fuente: Tabla 3-12, (EEA, 2019).

Respecto a las emisiones de carbono negro, estas se pueden estimar como una fracción de las emisiones de material particulado, según el tipo de vehículo, combustible utilizado y estándar de emisión. Dichas fracciones fueron obtenidas del “Manual para el Desarrollo de Inventario de Emisiones Atmosféricas” (MMA, 2017).

Por último, el consumo de combustible es convertido desde unidades másicas a volumétricas utilizando las densidades presentadas en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Densidades de los combustibles

Combustible	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Gasolina	750
Diésel	840
GLP	520
GNV	175

Fuente: Tabla 3-28, (EEA, 2019).

Las emisiones del sector transporte deben ser proyectadas en el tiempo, considerando el crecimiento del parque, evolución tecnológica de los vehículos (i.e. estándares de emisión), los combustibles

utilizados y el nivel de actividad de los vehículos (kilómetros recorridos). La sección 2.2 presenta la metodología de proyección en el tiempo del parque vehicular.

Cabe mencionar que las emisiones consideradas en el análisis incluirán solamente las emitidas por el tubo de escape de los vehículos, ya que las emisiones de polvo re suspendido en calles, desgaste de frenos y neumáticos, se considerará iguales en el escenario de línea base y en el escenario con normativa.

Los buses y camiones corresponden a la categoría “Heavy duty vehicles” de la EEA, cuya definición se presenta en la Tabla 3-3, junto con las definiciones de las demás categorías vehiculares (no consideradas en este análisis). Como se explica en la sección siguiente, utilizaremos los factores de emisión correspondientes a los diferentes segmentos de la categoría “Heavy duty vehicles”.

Tabla 3-3: Resumen de categorías vehiculares y su definición, EEA.

Categoría vehicular EEA	Categoría en español	Definición
Passenger Cars	Vehículos de pasajeros	M1: Vehículos para el traslado de pasajeros, de no más de 8 asientos adicionales al asiento del conductor.
Light Commercial Vehicles	Vehículos comerciales livianos	N1: Vehículos utilizados para la carga de bienes, de peso menor o igual a 3.5 toneladas.
Heavy-Duty Vehicles	Vehículos pesados	N2 y N3: Vehículos para el transporte de bienes, peso mayor a 3.5 toneladas. M2 y M3: Vehículos para el transporte de pasajeros (más de 8 asientos adicionales al conductor)
L-Category	Categoría-L	L1e, L2e, L3e, L4e: motocicletas de dos ruedas L5e: motocicletas de tres ruedas L6e, L7e: Cuadriciclos (mini-autos, vehículos todo terreno)

Fuente: Elaboración propia en base a la (EEA, 2019).

### 3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión se calculan utilizando los parámetros de la EEA (EEA, 2021) y aplicando la fórmula ( 3-4).

$$FE = \frac{\alpha * V^2 + \beta * V + \gamma + \frac{\delta}{V}}{\varepsilon * V^2 + \zeta * V + \eta} * (1 - RF) \quad (3-4)$$

Donde,

FE: Factor de emisión, en g/km o MJ/km en el caso del consumo de combustibles

V: Velocidad de circulación, en km/hora

RF: Factor de reducción

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$ : Parámetros para el cálculo de factores de emisión

Los factores de emisión dependen de la velocidad de circulación. Se asumen las velocidades de circulación indicadas en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Velocidad de circulación según tipo de vehículo (km/hora)

Tipo de vehículo	Velocidad (km/hora)
Buses	21
Camiones livianos	37
Camiones medianos	37
Camiones pesados	43

Fuente: Elaboración propia en base a (MMA, 2017).

Además, los FE utilizados asumen una pendiente de cero grados y que los vehículos circulan a mitad de carga<sup>3</sup>. La Figura 3-1 presenta los FE obtenidos para camiones diésel en circulación urbana, para los diferentes estándares tecnológicos.

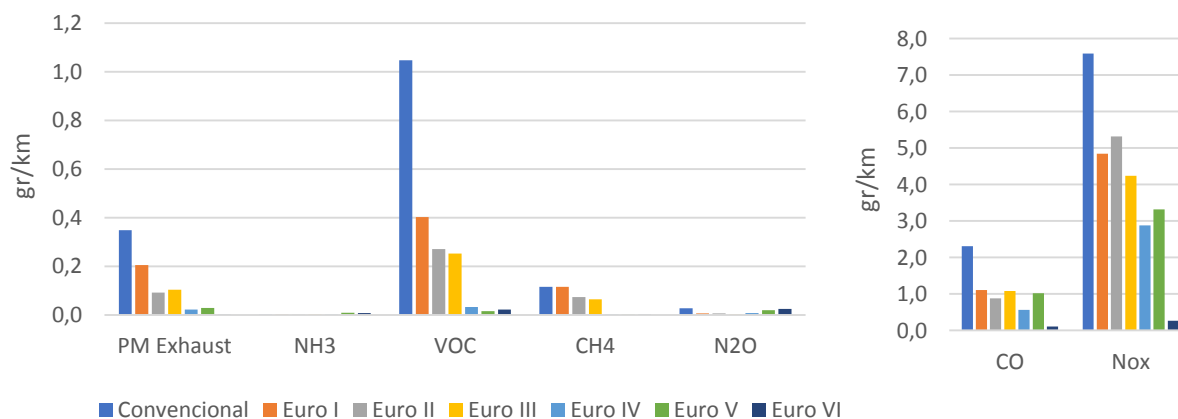


Figura 3-1. Ejemplo factores de emisión para camiones diésel, en gramos por kilómetro.

Fuente: Elaboración propia en base a EEA (2021).

### 3.2.1 Correspondencias entre categorías vehiculares

Es necesario asociar las categorías INE con los segmentos vehiculares de la categoría “Heavy duty vehicles” de la EEA. Para determinar la correspondencia o equivalencia vehicular se analizaron los datos de las plantas de revisión técnica (PRT) y las características de los modelos certificados por el 3CV. Los datos del 3CV<sup>4</sup> indican la capacidad de carga de los modelos, mientras que los datos de las PRT

<sup>3</sup> Supuestos utilizados en estudio en desarrollo “Estimación de emisiones de transporte en ruta para la generación del décimo quinto informe consolidado de emisiones y transferencia de contaminantes del RETC”, correspondiente a Licitación ID 608897-29-LE21, desarrollado por GreenLab.

<sup>4</sup> Datos disponibles en <https://mtt.gob.cl/archivos/5607>

permiten determinar la cantidad de cada modelo en circulación. Se logró identificar la capacidad de carga de 38.760 buses (detalle en Tabla 3-5) y de 147.702 vehículos de carga (ver Tabla 3-6).

Tabla 3-5. Cantidad de buses y minibuses según tramo de capacidad de carga, PRTs

Aplicación	<=15 t	15-18t	Total
Minibús	1183		1183
Transporte Interurbano	3790	202	3992
Transporte Interurbano Privado	19		19
Transporte Interurbano Público y Privado	37		37
Transporte Interurbano y Rural	27		27
Transporte Privado y Rural	3206		3206
Transporte Rural	8998		8998
Transporte Urbano	5481		5481
Transporte Urbano y Rural	14853		14853
Transporte Urbano, Rural y Privado	964		964
<b>Total</b>	<b>38558</b>	<b>202</b>	<b>38760</b>

Fuente: Elaboración propia en base a 3CV y datos de PRT.

Como se observa en la Tabla 3-5, la gran mayoría de los buses corresponderían a una capacidad de carga menor o igual a 15 toneladas. Los vehículos cuya capacidad de carga es superior a 15 toneladas corresponderían al 0.5% del total, por lo que se asume que el 100% de los buses correspondería al segmento “Urban Buses Midi <=15 t”, como se indica en la Tabla 3-7.

Tabla 3-6. Cantidad de vehículos de carga según tramo de capacidad de carga, PRT

Aplicación	>3,5t	3,5 - 7,5 t	7,5 - 12 t	12 - 14 t	14- 20 t	20 - 26 t	26 - 28 t	28 - 34 t	34 - 40 t	40 - 50 t	50 - 60 t
Camión	7472	29425	16323	2284	26547	11061	2179	547	324	114	
Camioneta	339										
Carro Bomba			33	7	11						
Chasis urbano regiones, interurbano, rural R.M			140								
Furgón	3651	2									
Furgón Bomberos	2										
Tracto Camión		41	1474	17269	23431	1156	3595	51	7	151	66
<b>Total</b>	<b>11464</b>	<b>29468</b>	<b>17970</b>	<b>19560</b>	<b>49989</b>	<b>12217</b>	<b>5774</b>	<b>598</b>	<b>331</b>	<b>265</b>	<b>66</b>

Fuente: Elaboración propia en base a 3CV y datos de PRT.

En el caso de los vehículos de carga, para las categorías INE “camión” y “tractocamión” se considera la distribución de los modelos bajo la aplicación “camión” y “tracto camión” del 3CV. Para la categoría INE “camión especializado” se considera la distribución de las demás aplicaciones del 3CV. La asignación de categorías resultante se presenta en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7. Distribución de vehículos desde categorías INE a categorías EEA, de acuerdo con capacidad de carga.

Tipo EEA	Segmento EEA	Taxibus	Buses transporte colectivo	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Camión	Tracto camión	Camión especializado
Buses	Urban Buses Midi <=15 t	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban Buses Articulated >18 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Coaches Standard <=18 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Coaches Articulated >18 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban CNG Buses	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Heavy Duty Trucks	>3,5 t	0,00%	0,00%	0,00%	7,76%	0,00%	95,39%
	Rigid <=7,5 t	0,00%	0,00%	0,00%	30,56%	0,09%	0,05%
	Rigid 7,5 - 12 t	0,00%	0,00%	0,00%	16,95%	3,12%	4,13%
	Rigid 12 - 14 t	0,00%	0,00%	0,00%	2,37%	36,56%	0,17%
	Rigid 14 - 20 t	0,00%	0,00%	0,00%	27,57%	49,60%	0,26%
	Rigid 20 - 26 t	0,00%	0,00%	0,00%	11,49%	2,45%	0,00%
	Rigid 26 - 28 t	0,00%	0,00%	0,00%	2,26%	7,61%	0,00%
	Rigid 28 - 32 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,57%	0,11%	0,00%
	Rigid >32 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 14 - 20 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 20 - 28 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 28 - 34 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 34 - 40 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,34%	0,01%	0,00%
	Articulated 40 - 50 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,32%	0,00%
Articulated 50 - 60 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	0,00%	

Fuente: Elaboración propia

SECTRA por su parte utiliza las siguientes categorías para vehículos de carga: i) Camiones livianos, cuyo peso bruto es inferior a 7.5 toneladas, ii) Camiones medianos, con peso bruto entre 7,5 y 16 toneladas y iii) Camiones pesados, con peso bruto superior a 16 toneladas.

Utilizando nuevamente los datos de las PRT y del 3CV, pero agrupando los vehículos pesados de acuerdo con las definiciones de SECTRA, obtenemos la distribución parque de vehículos de carga, presentada en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8. Vehículos de carga, datos PRT/3CV clasificados de acuerdo con definición SECTRA.

Aplicación	Camiones livianos <=7.5 t	Camiones medianos 7.5-16t	Camiones pesados >16t	Total
Camión	36897	29797	29582	96276
Camioneta	339			339
Carro Bomba		40	11	51
Chasis urbano regiones, interurbano, rural R.M.		140		140
Furgón	3653			3653
Furgón Bomberos	2			2
Tracto Camión	41	21522	25678	47241

<b>Total</b>	<b>40932</b>	<b>51499</b>	<b>55271</b>	<b>147702</b>
--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Fuente: Elaboración propia en base a 3CV y datos de PRT.

A partir de la tabla anterior se construye el diccionario (o correspondencia) entre las categorías INE y SECTRA presentado en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9. Correspondencia o diccionario entre categorías INE y SECTRA, para vehículos de carga.

Categorías INE	Categorías SECTRA		
	Camiones livianos	Camiones medianos	Camiones pesados
Camión	38.32%	30.95%	30.73%
Tractocamión	0.09%	45.56%	54.36%
Camión especializado	95.44%	4.30%	0.26%

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Factores de ajuste por deterioro

El cálculo de las emisiones considerará además que los sistemas de abatimiento de las emisiones podrían deteriorarse en el tiempo, dando lugar a emisiones mayores que las emisiones teóricas obtenidas utilizando la metodología descrita previamente. Los factores de ajuste utilizados se presentan en la Tabla 3-10.

Tabla 3-10. Factores de ajuste por deterioro aplicados a vehículos pesados.

	CO	NOx	COV	EC	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	PM Exhaust
<b>Convencional</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Euro I</b>	1	1	1.56	1	1	1	1	2.14
<b>Euro II</b>	1	1	1.77	1	1	1	1	3.14
<b>Euro III</b>	1	1	1.24	1	1	1	1	1.54
<b>Euro IV</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Euro V</b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Euro VI</b>	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: En base a Geasur (2015)

### 3.4 Otros supuestos

Se asume un contenido de azufre en los combustibles de 15 ppm entre 2020 y 2024. A partir del año 2025, se asume un contenido de 10 ppm de azufre, de acuerdo con las exigencias del decreto N°41 del

2020 del MMA<sup>5</sup>, que modifica el Decreto Supremo N° 211, de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece la norma de emisión para vehículos livianos.

El nivel de actividad, en kilómetros anuales recorridos según tipo de vehículo y región del país se presenta en la Tabla 3-11.

Tabla 3-11. Nivel de actividad (kilómetros recorridos por año) según categorías vehiculares SECTRA.

Región	Camión	Tractocamión	Camión especializado	Buses
Región De Tarapacá	30.934	81.187	30.934	51.166
Región De Antofagasta	30.254	72.431	30.254	61.559
Región De Atacama	24.508	81.200	24.508	63.198
Región De Coquimbo	25.724	79.791	25.724	49.984
Región De Valparaíso	30.856	56.011	30.856	48.709
Región De O'Higgins	25.809	65.857	25.809	45.618
Región Del Maule	27.241	69.656	27.241	121.038
Región Del Bío-Bío	31.123	56.098	31.123	70.012
Región De La Araucanía	29.332	80.953	29.332	94.655
Región De Los Lagos	26.273	59.968	26.273	109.052
Región De Aysén	19.550	62.155	19.550	75.857
Región De Magallanes y Antártica	22.110	67.331	22.110	52.154
Región Metropolitana de Santiago	27.543	65.431	27.543	49.045
Región De Los Ríos	29.967	82.630	29.967	129.424
Región De Arica y Parinacota	28.685	78.402	28.685	51.276
Región De Ñuble	31.123	56.098	31.123	70.012

Fuente: Elaboración propia

Se asume también que los vehículos pesados diésel Euro VI tendrían un menor consumo de combustible que el estándar Euro V, de un 7% de acuerdo con Blumberg (2010a).

Buses y camiones circulan en áreas urbanas e interurbanas. De acuerdo con datos de SECTRA<sup>6</sup>, los kilómetros recorridos se distribuyen como se presenta en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12. Distribución de nivel de actividad según región y tipo de vehículo en zonas urbanas e interurbanas, año 2020.

Región	Tipo de vehículo	Urbano	Interurbano
Región De Tarapacá	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Los Lagos	Bus	81%	19%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Aysén	Bus	44%	56%
	Camión Liviano	100%	0%

<sup>5</sup> Decreto disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1149886>

<sup>6</sup> Archivo STEP\_KR\_Proyeccion.accdb

Región	Tipo de vehículo	Urbano	Interurbano
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Magallanes y Antártica	Bus	61%	39%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Metropolitana de Santiago	Bus	46%	54%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Los Ríos	Bus	81%	19%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Arica y Parinacota	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	100%	0%
Región De Antofagasta	Bus	21%	79%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Atacama	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Coquimbo	Bus	23%	77%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Valparaíso	Bus	54%	46%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De O'Higgins	Bus	43%	57%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Del Maule	Bus	60%	40%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Del Bío-Bío	Bus	57%	43%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De La Araucanía	Bus	52%	48%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%

Fuente: SECTRA, modelo STEP.

Las categorías SECTRA son más agregadas que las categorías INE, por lo que, para completar el análisis de emisiones, se utilizó la información de la Tabla 3-12 y la correspondencia entre categorías INE y



SECTRA (ver Tabla 3-9) para dar lugar a la Tabla 3-13, que presenta la distribución de circulación utilizada en el cálculo de las emisiones. Se asume además que los buses de transporte colectivo son urbanos <sup>7</sup>.

Tabla 3-13. Distribución del tipo de circulación según categoría vehicular INE.

Región	Taxibus	Buses transporte colectivo	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Camión	Tractocamión	Camión especializado
Tarapacá	18,1%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Antofagasta	21,3%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Atacama	17,9%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Coquimbo	22,9%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Valparaíso	54,3%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
O'Higgins	42,9%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Maule	59,9%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Bío-Bío	57,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
La Araucanía	52,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Los Lagos	80,6%	100,0%	100,0%	70,5%	47,9%	99,7%
Aysén	43,7%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Magallanes y Antártica	61,3%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Metropolitana	46,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Los Ríos	80,6%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Arica y Parinacota	18,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ñuble	57,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%

Fuente: Elaboración propia

La distribución de la velocidad de circulación y del nivel de actividad según modos urbano e interurbano permitirán obtener las emisiones en centros poblados y las emisiones fuera de los centros poblados. Esta distinción es relevante para el cálculo de los beneficios en salud, para cuyo cálculo las emisiones fuera de centros poblados no serán consideradas.

<sup>7</sup> Supuesto utilizado en estudio en desarrollo "Estimación de emisiones de transporte en ruta para la generación del décimo quinto informe consolidado de emisiones y transferencia de contaminantes del RETC", correspondiente a Licitación ID 608897-29-LE21, desarrollado por GreenLab.

## 4 Metodología de beneficios y costos

La metodología aplicada para la evaluación de la norma Euro VI para vehículos pesados es consistente con los lineamientos del MMA para la elaboración de AGIES. Entre los lineamientos considerados se encuentran la “Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA, 2013), “Manual para el Desarrollo de Inventario de Emisiones Atmosféricas” (MMA, 2017) y “Actualización de Tasas de Incidencia Base de Mortalidad y Morbilidad para Contaminación Atmosférica y creación de un Modelo Automático para la Actualización” (GreenLabUC, 2020).

### 4.1 Beneficios en salud humana

Una vez cuantificados los cambios en emisiones asociados a una regulación (u otro evento), es necesario cuantificar el impacto en la concentración ambiental de material particulado. La menor concentración de  $MP_{2,5}$  en el ambiente implicará que la población expuesta a la contaminación respirará un aire más limpio, lo que derivará en impactos positivos en la salud de la población.

Luego de cuantificar los cambios en la concentración ambiental del  $MP_{2,5}$  es posible cuantificar el cambio en la carga de enfermedades. La carga de enfermedades atribuible a la contaminación puede ser cuantificada, utilizando funciones concentración-respuesta y valorizada, utilizando valores unitarios para la mortalidad y morbilidad evitada. La expresión (4-1) presenta la función utilizada para calcular los impactos en salud.

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj}\Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j} \quad (4-1)$$

Donde:

$\Delta\text{Efecto}_{pj}$ :	Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$ ,
$\beta_{pj}$ :	Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$ ,
$\Delta C_{pi}$ :	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)]

El beneficio en términos monetarios se obtiene multiplicando el número de casos evitados de los diferentes eventos, por la valoración asociada, como se señala en la expresión:

$$\text{Beneficio}_p = \sum_j \Delta\text{Efecto}_{pj} \cdot VU_j \quad (4-2)$$

Dónde:

Beneficio<sub>p</sub>: Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso MP<sub>2,5</sub>  
 VU<sub>j</sub>: Valoración unitaria de cada efecto j evaluado [UF/caso]

A continuación, se detalla el enfoque metodológico para relacionar emisiones y concentraciones (sección 4.1.1), para cuantificar los impactos en salud (sección 4.1.2) y para la valorización de estos en términos económicos (sección 4.1.3).

#### 4.1.1 Factores emisión-concentración (FEC)

Los AGIES desarrollados por el MMA relacionan cambios en emisiones con cambios en concentraciones de MP<sub>2,5</sub> utilizando los factores emisión-concentración o FECs.

La metodología de los FEC se basa en el estudio (GreenLabUC, 2011), en que se propone una metodología para determinar factores que relacionen emisiones y concentraciones para diferentes sectores emisores y zonas geográficas de Chile. A partir de factores emisión-concentración para 7 ciudades, se propone una metodología de “transferencia” de acuerdo con el volumen (o superficie) de la zona del FEC original a la región de destino.

La idea es ajustar el FEC de acuerdo con el volumen de dispersión de los contaminantes en el área original y en área de transferencia. Se asume que la altura de mezcla es la misma en el área original de estudio y en el área de transferencia, con lo que el ajuste de FEC considera la razón entre las superficies en dichas áreas, de acuerdo con la expresión (4-3).

$$FEC_{jc} = FEC_{i\text{ transporte}} * \frac{Superficie_j}{Superficie_i} \quad (4-3)$$

Donde:

*FEC<sub>jc</sub>*: Factor emisión-concentración ajustado para la zona geográfica j y área tipo c (ton/μg/m<sup>3</sup>)

*FEC<sub>i transporte</sub>*: Factor emisión-concentración de la ciudad i representante del sector transporte

*Superficie<sub>j</sub>*: Superficie urbana de la zona geográfica j

*Superficie<sub>i</sub>*: Superficie urbana de la ciudad i

c: tipo de área costera o no-costera

Para cada zona geográfica (provincias en este caso) el resultado de la transferencia dependerá de si está compuesta de áreas costeras y/o interiores. La metodología se aplica a nivel de provincia.

Cabe mencionar que, para el cálculo de los beneficios en salud, las emisiones fuera de centros poblados (o interurbanas) no serán consideradas.

#### 4.1.2 Funciones concentración-respuesta

Para la cuantificación de los impactos en salud se siguen las recomendaciones del MMA, establecidas en la “Guía Metodológica Para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA, 2013). La Tabla 4-1 presenta el detalle de los coeficientes de riesgo unitarios utilizados para la cuantificación de impactos en salud.

Tabla 4-1. Coeficientes de riesgo unitario utilizados en el análisis (betas).

Tipo de evento	Evento	0-1	1-4	5-12	13-17	18-29	30-44	45-64	65-74	75+
<b>Mortalidad</b>	Cardiopulmonar largo plazo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,45%	3,45%	3,45%	3,45%
	Todas las causas, largo plazo	1,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Admisiones hospitalarias</b>	Asma (crónica)	1,33%	1,33%	1,33%	1,33%	1,33%	1,33%	1,33%	0,00%	0,00%
	Cardiovascular	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,60%	0,60%	0,60%	0,63%	0,63%
	Respiratorias crónicas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,95%	0,95%	0,95%	0,47%	0,47%
	Neumonía	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,59%	1,59%
<b>Visitas a salas de emergencia</b>	Bronquitis	1,76%	1,76%	1,76%	1,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Productividad perdida</b>	Días laborales	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,84%	1,84%	1,84%	0,00%	0,00%
	Días de actividad restringida	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,90%	1,90%	1,90%	0,00%	0,00%
	Días de actividad restringida menor	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,96%	2,96%	2,96%	0,00%	0,00%

Fuente: En base a (MMA, 2013).

Por su parte, las tasas de incidencia base utilizadas corresponden a las del estudio “Actualización de Tasas de Incidencia Base de Mortalidad y Morbilidad para Contaminación Atmosférica y Creación de un Modelo Automático para la Actualización” (GreenLabUC, 2020).

#### 4.1.3 Valoración de los impactos en salud

Los valores unitarios por caso evitado se presentan en la Tabla 4-2. De estos valores, el más relevante en términos del peso en los beneficios corresponde al valor unitario para la mortalidad evitada (valor de la visa estadística). Dicho valor corresponde originalmente al estudio (Rizzi & Ortúzar, 2003) y su valor actualizado a 2022 se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 4-2. Valores unitarios por caso evitado año 2022, UF por caso.

Tipo de evento	Evento	Previsión	0 a 17 años	18 a 64 años	65+ años
<b>Mortalidad</b>	Mortalidad	Todas	17.788	17.788	17.788
<b>Admisiones hospitalarias</b>	Asma (crónica)	Fonasa	13,95	13,95	7,07
		Isapre	28,03	28,03	14,12
	Cardiovascular	Fonasa	-	73,09	90,46
		Isapre	-	146,00	176,17
	Respiratorias crónicas	Fonasa	7,31	14,36	13,56
		Isapre	10,75	21,49	21,49
	Neumonía	Fonasa	4,11	4,11	8,02
		Isapre	2,55	2,55	5,87
<b>Visitas Salas de Emergencia</b>	Bronquitis	Fonasa	1,77	-	-
		Isapre	4,70	-	-
<b>Productividad perdida</b>	Días laborales	Fonasa	-	0,26	-
	Días de actividad restringida	Fonasa	-	0,26	-

Fuente: En base a (Rizzi & Ortúzar, 2003), (GreenLabUC, 2020)

## 4.2 Beneficios debido a CO<sub>2</sub> evitado

La valorización de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2eq</sub>) considera las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O se convierten en CO<sub>2eq</sub> utilizando un factor de conversión de 28 ton de CO<sub>2eq</sub> por cada tonelada de CH<sub>4</sub> y de 265 ton de CO<sub>2eq</sub> por cada tonelada de N<sub>2</sub>O.

Una vez obtenidas las reducciones de CO<sub>2eq</sub>, estas se valorizan multiplicando por un precio social del carbono para cada tonelada. El precio social utilizado corresponde a \$32,5 USD/ton CO<sub>2</sub>, de acuerdo con el documento “Precios Sociales 2021” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

## 4.3 Beneficios debido a ahorros de combustibles

La migración hacia el estándar de emisión Euro 6/VI para vehículos pesados que utilizan diésel implicaría ahorros en el consumo de combustible de alrededor de 7%, según Blumberg (2010b). Estos ahorros fueron cuantificados utilizando los factores de consumo de combustible de EEA (2016), sobre los que se aplicó una reducción de 7% para vehículos diésel pesados Euro VI.

El precio social del combustible diésel corresponde a \$408,7 pesos por litro, de acuerdo con el documento “Precios Sociales 2021” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

## 4.4 Costos de inversión

Los costos de inversión se basan en el estudio “Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles” (ICCT 2016). Dichos costos corresponden a valores para el año 2015, por lo que se convierten desde el año original  $t_0$  (2015 en este caso) a dólares del año  $t$  (2020 en este caso, correspondiente al año base y al último año para el que se cuenta con datos de PIB encadenado para Estados Unidos). La fórmula para convertir los costos se presenta en la expresión ( 4-4), de acuerdo con lo indicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 2010).

$$Costo (\$ t) = \frac{Costo_{t_0} * PIB Encadenado USA_t}{PIB Encadenado USA_{t_0}} \quad (4-4)$$

Tabla 4-3: Costo incremental de tecnologías de control de emisiones para un motor diésel de 12L

Combustible	Euro V a Euro VI - USD 2015	Euro V a Euro VI - USD 2020
Diésel	2.280	2.400

Fuente: Tabla ES-1, ICCT (2016). Mayor detalle de la desagregación de costos se encuentra disponible en la tabla 13 de ICCT (2016).

De acuerdo con lo indicado en el documento de la ICCT, se asume una vida útil de la tecnología de 6 años.

#### 4.5 Costos de operación y mantención

Otro costo relevante para tener en cuenta corresponde al de la mantención de los filtros de partículas DPF en vehículos pesados Euro VI que utilizan diésel. Para el presente análisis se consideró un costo de 62 dólares cada 75.000 kilómetros recorridos, en base a Miller y Façanha (2016).

No se considera en el análisis posibles costos adicionales por el uso del aditivo urea AUS32, debido a que este aditivo es también requerido para los vehículos diésel Euro V con sistemas SCR (supuesto utilizado para el cálculo de emisiones) y por lo tanto no corresponde a un costo adicional.

#### 4.6 Costos de certificación

De acuerdo con datos del 3CV, entre 1997 y 2021, alrededor de seis mil modelos de vehículos pesados han sido certificados, promediando 240 modelos por año. El costo de certificación de las emisiones de camiones o tractocamiones, de acuerdo con lo establecido en el DS 55/94 MTT, asciende a \$312,803 pesos para el año 2021, según datos del 3CV (MTT, 2021)<sup>8</sup>. Se asume que el número de modelos que se certificarán cada año corresponderá al promedio histórico de 240 vehículos.

#### 4.7 Análisis costo-beneficio

<sup>8</sup> <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/01/TABLA-VALORES-SERVICIOS-2021.pdf>

Luego de la estimación de los costos y beneficios, de acuerdo con lo indicado en las secciones anteriores, se procede al análisis de los siguientes indicadores económicos: beneficios, costos, valor actual neto y la razón beneficio costo.

Todos los flujos de la evaluación serán llevados a términos anuales, para poder comparar costos con diferentes vidas útiles. Los costos de inversión serán anualizados de acuerdo con la fórmula ( 4-5).

$$I_a = \frac{I_0 * r * (1 + r)^{VU}}{(1 + r)^{VU} - 1} \quad (4-5)$$

Donde:

$I_a$ : Inversión anualizada \$/año

$I_0$ : Inversión realizada en año 0

$r$ : Tasa de descuento

$VU$ : Vida útil (años)

Una vez calculados los flujos anuales, se calculará el valor presente neto de costos y beneficios desagregados. El valor presente en  $t_0$  de una serie de flujos en el tiempo,  $t$ , están dado por la sumatoria de los flujos descontados hasta el periodo final  $tf$ , como se indica en la expresión ( 4-6).

$$Valor\ presente_{t_0} = \sum_{t=t_0}^{tf} \frac{F_t}{(1 + r)^{t-t_0}} \quad (4-6)$$

Una vez calculado el valor presente de los diferentes flujos de la evaluación (costos de inversión, de operación, beneficios, entre otros) se procederá al cálculo del valor actual neto, VAN, de la nueva normativa. El valor actual neto corresponderá a los beneficios menos los costos asociados a la regulación, como se indica en la expresión ( 4-7). Un VAN positivo indica una rentabilidad social positiva del proyecto, mientras que un VAN de cero indica indiferencia frente a la inversión y un VAN negativo implicaría un costo social.

$$Valor\ Actual\ Neto = Valor\ presente\ Beneficios - Valor\ presente\ Costos \quad (4-7)$$

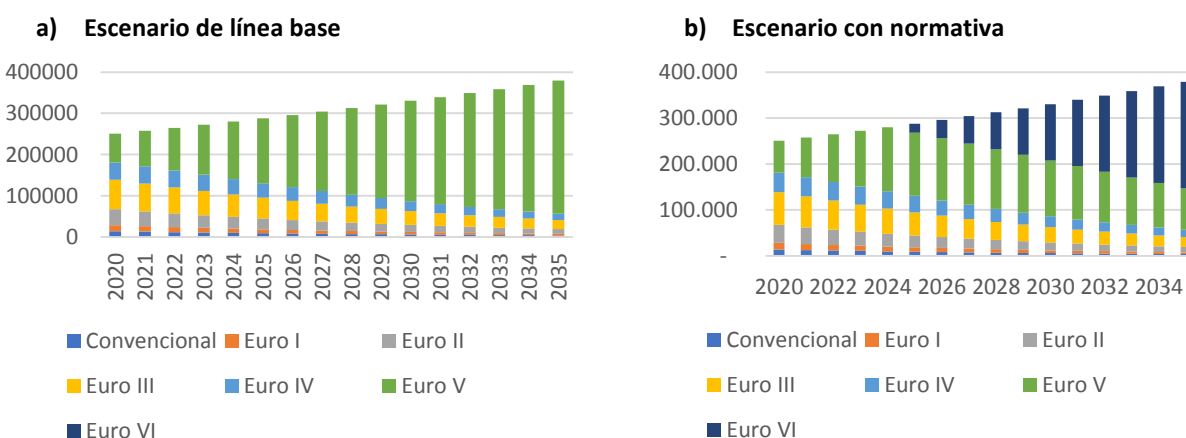
La tasa de descuento utilizada es de 6%, de acuerdo con lo recomendado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia en el documento "Precios Sociales 2021" (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

## 5 Resultados

### 5.1 Parque proyectado

El parque proyectado, de acuerdo con los supuestos indicados en la sección 2.2, se presenta en la Figura 5-1. La parte a) de la figura presenta el parque de línea base, en que el parque entrante cumpliría un estándar de emisión Euro V, mientras que la parte b) presenta el parque proyectado en el escenario normativo. En el escenario normativo, los vehículos entrantes cumplirían el estándar Euro VI a partir del año 2025. Cabe mencionar que el parque de la Región Metropolitana excluye los buses RED<sup>9</sup>, los que ya requieren cumplir el estándar Euro VI como parte de la línea base.

Figura 5-1. Proyección del parque de vehículos pesados, escenario de línea base y normativo



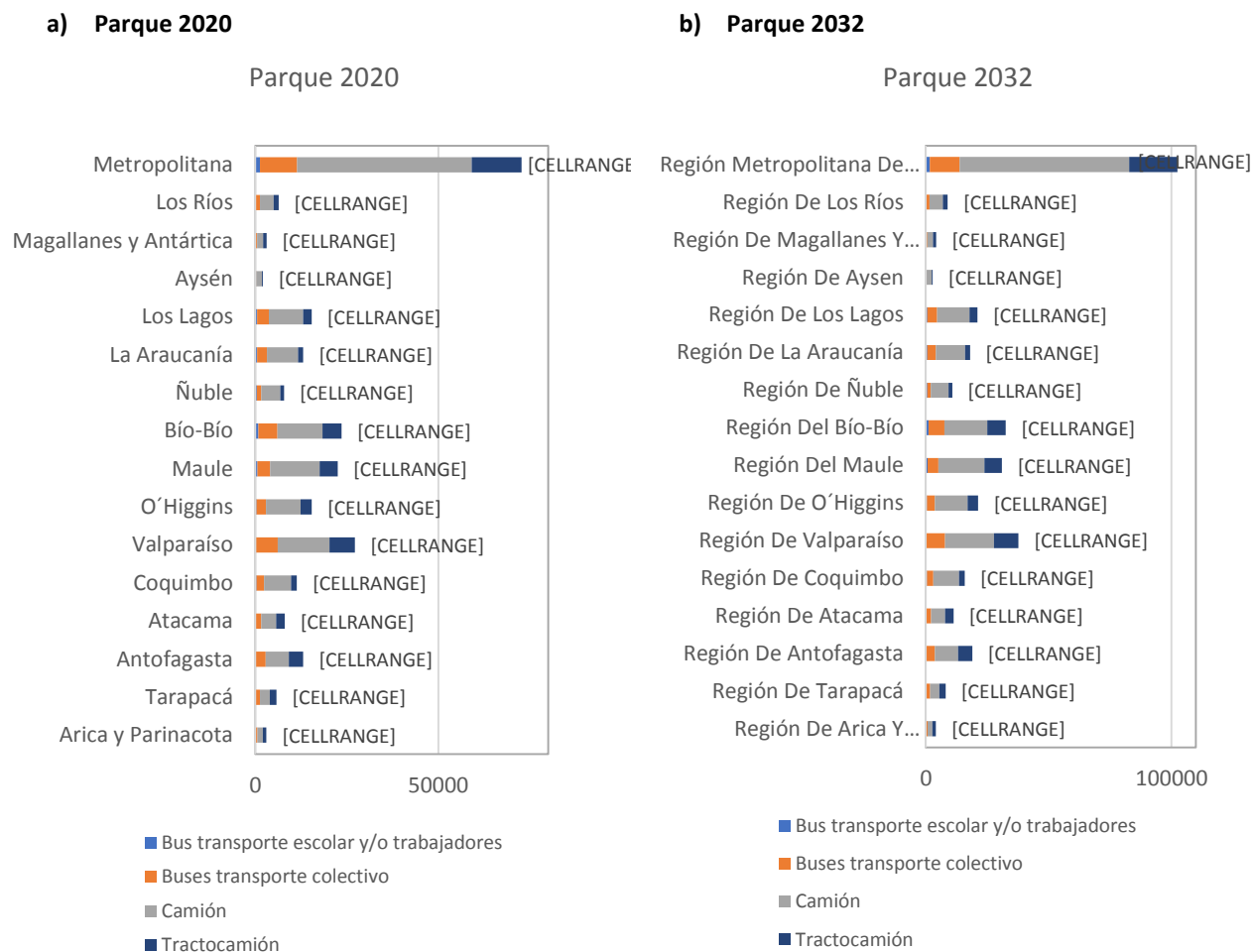
Fuente: Elaboración propia

La Figura 5-2 presenta el parque de vehículos pesados distribuidos según región del país y según tipo de vehículo (categorías INE) para el año 2020, correspondiente al año base, y para el año 2032, correspondiente al año final de la evaluación. Se estima que en 2032 el parque total de vehículos pesados (excluyendo buses RED en la Región Metropolitana) alcanzaría 349.052 unidades a nivel nacional.

<sup>9</sup> Los buses RED corresponden a Red Metropolitana de Movilidad



Figura 5-2. Parque de vehículos pesados 2020 y proyectado 2032, según región y tipo.



Fuente: Elaboración propia

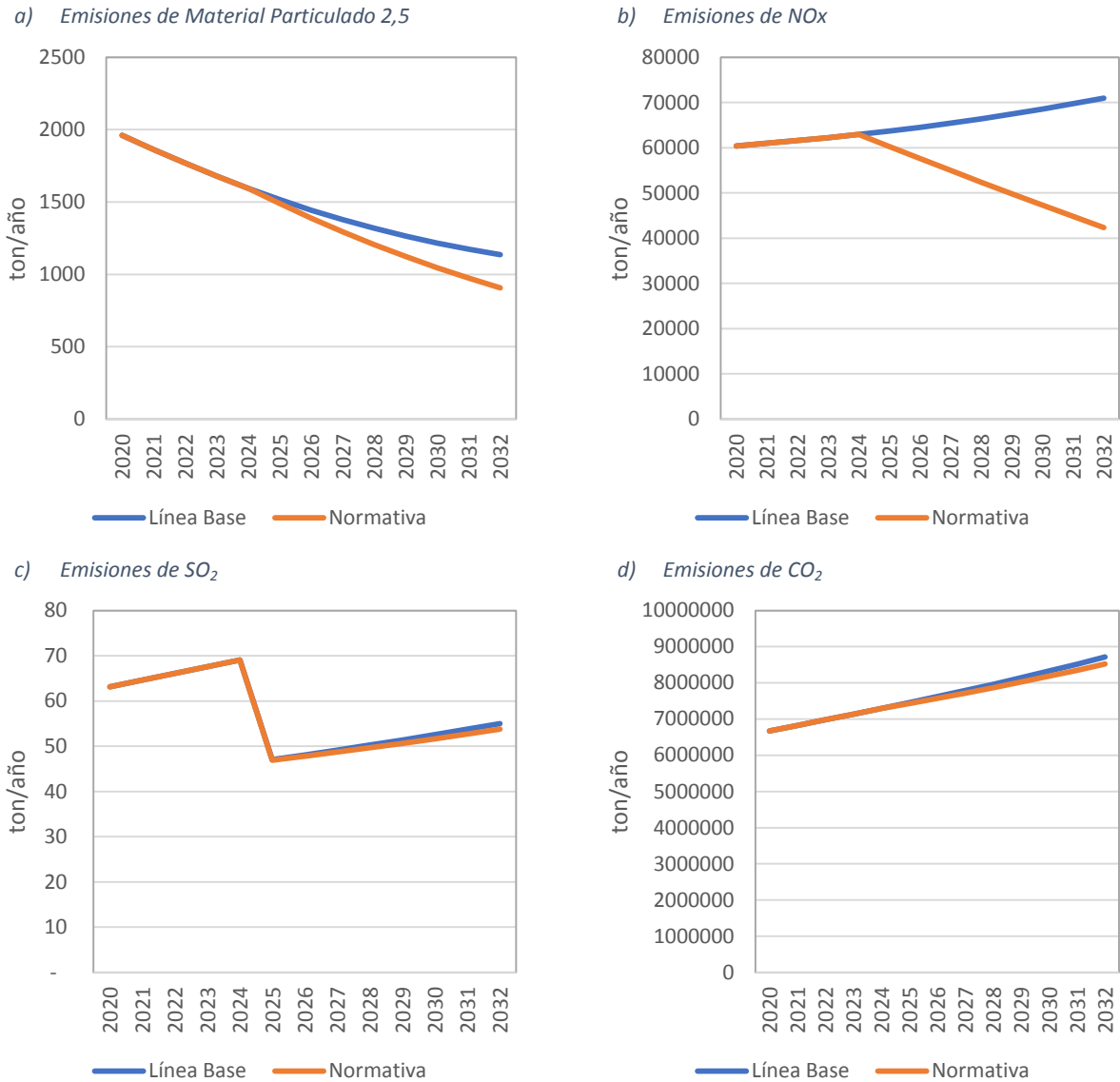
## 5.2 Emisiones en el tiempo

Una vez caracterizado el parque, se estiman las emisiones en el tiempo de los diferentes contaminantes, de acuerdo con la metodología descrita en la sección 3.

La Figura 5-3 presenta la trayectoria de las emisiones de los principales contaminantes. Se observa que en ambos escenarios las emisiones disminuirían en el tiempo. Esto se debe a que de línea base los vehículos nuevos cumplirían el estándar Euro V, el que ya implicaría emisiones bajas comparadas con estándares anteriores. De todas formas, el escenario normativo implicaría reducción de emisiones para la mayoría de los contaminantes. El NOx es el contaminante que se vería reducido en mayor cantidad, con una reducción de 28.642 toneladas en 2032, equivalentes a una reducción de 40% con respecto a la

línea base. Para el mismo año, el MP<sub>2,5</sub> se reduciría 230 toneladas, equivalente a 20% con respecto a la línea base.

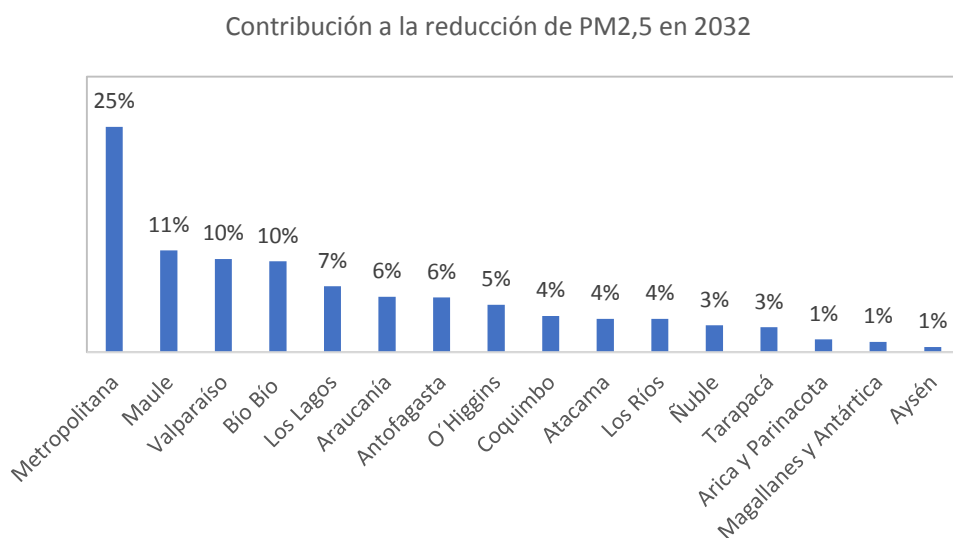
Figura 5-3. Emisiones en el tiempo según escenario, MP, NOx, SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (ton/año).



Fuente: Elaboración propia

La contribución a la reducción de emisiones según región del país para el año 2032 se presenta en la figura siguiente.

Figura 5-4. Contribución a la reducción de emisiones en 2032 según región



Fuente: Elaboración propia

Por último, la Tabla 5-1 presenta la reducción de emisiones totales nacionales para todos los contaminantes durante el periodo de evaluación. La mayoría de los contaminantes se ven reducidos, excepto el N<sub>2</sub>O, que aumentaría levemente con la introducción de la normativa y el CH<sub>4</sub>, que no se vería afectado. El aumento de estos gases de efecto invernadero, al ser convertidos a CO<sub>2eq</sub> y agregados con las reducciones de CO<sub>2</sub>, resultan en reducciones netas de CO<sub>2eq</sub>.

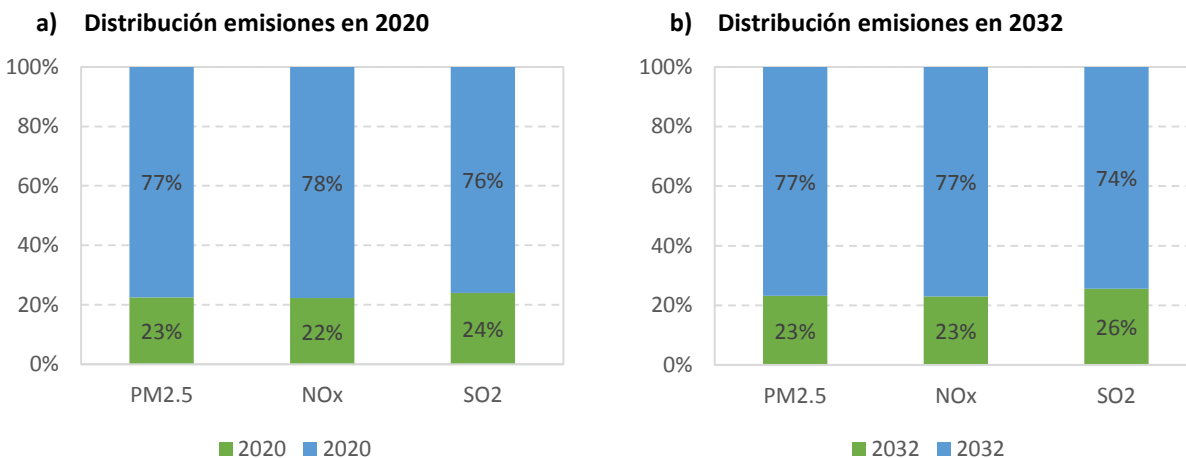
Tabla 5-1. Reducción de emisiones en el tiempo, según contaminante, en toneladas por año.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
MP	27	55	83	112	141	170	200	230
MP <sub>10</sub>	27	55	83	112	141	170	200	230
MP <sub>2,5</sub>	27	55	83	112	141	170	200	230
BC	22	45	68	92	115	139	163	188
CO	1.052	2.127	3.215	4.317	5.431	6.555	7.691	8.839
CO <sub>2</sub>	22.974	46.493	70.374	94.588	119.110	143.917	169.055	194.521
CO <sub>2eq</sub>	22.167	44.865	67.916	91.293	114.970	138.928	163.211	187.816
NH <sub>3</sub>	2	3	5	7	8	10	12	14
NO <sub>x</sub>	3.409	6.891	10.419	13.989	17.597	21.240	24.922	28.642
SO <sub>2</sub>	0	0	0	1	1	1	1	1
COV	-6	-13	-19	-26	-32	-39	-46	-53
CH <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	-3	-6	-9	-12	-16	-19	-22	-25

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que las emisiones pueden ser desagregadas en interurbanas y urbanas (o en centros poblados). La distribución de emisiones se basa en el nivel de actividad proyectado en zonas interurbanas y urbanas de SECTRA (ver Tabla 3-12). Los resultados indican que las emisiones urbanas corresponderían al 74-78% de las emisiones, mientras que las emisiones en carretera corresponderían a un 22-26%. Como se presenta en la Figura 5-5, la distribución de emisiones se mantiene aproximadamente constante en el tiempo.

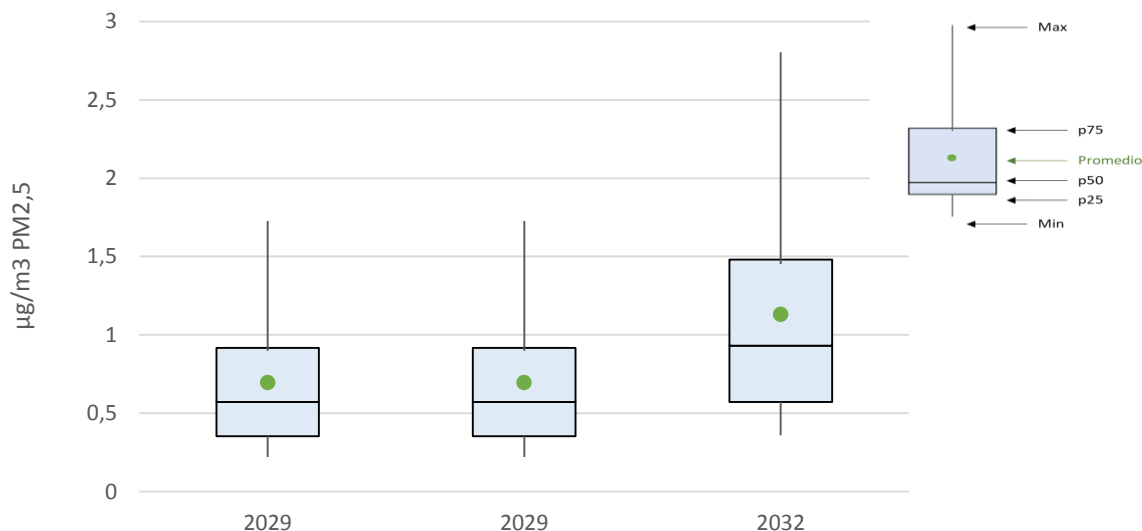
Figura 5-5. Distribución de emisiones urbanas e interurbanas



### 5.3 Reducción de concentración ambiental de $MP_{2,5}$ e impactos en salud

A partir de la reducción de emisiones se cuantifica la reducción en la concentración ambiental de  $MP_{2,5}$ , con el fin de utilizar este resultado para cuantificar los impactos en salud de la normativa.

Figura 5-6. Reducción de concentración de  $MP_{2,5}$ . Valores para 2026, 2029 y 2032.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-6 presenta la reducción de  $MP_{2,5}$  para los años 2026, 2029 y 2032. La reducción de concentración varía entre las diferentes zonas geográficas, debido a diferentes reducciones de emisiones y a un FEC que varía según zona geográfica (ver sección 4.1.1). La figura presenta la reducción mínima, máxima, promedio y las reducciones correspondientes al percentil 25, 50 y 75, considerando los valores obtenidos para todas las provincias en análisis. En promedio, el año 2032, se obtendría una reducción de  $1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $MP_{2,5}$  en centros poblados. Nótese que esta reducción de concentración no considera las emisiones de contaminantes en autopistas, ya que se asume que no habría población expuesta en dichas condiciones de circulación de los vehículos.

A partir de los cambios en concentraciones ambientales de  $MP_{2,5}$  se calculan los casos evitados de mortalidad y de admisiones hospitalarias, así como de productividad perdida evitada. Los resultados para el año 2032 y para el acumulado entre 2025 (inicio de la normativa) y 2032 (año final de la evaluación) se presentan en la Tabla 5-2. El resultado más relevante en términos de beneficios en salud asociados a la introducción de la normativa sería la reducción de 2.651 muertes prematuras en 2032 y de 10.780 muertes entre 2025 y 2032.

Tabla 5-2. Casos evitados en 2032 y acumulados hasta 2032.

Evento	Tipo	Casos evitados 2032 (p 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%	Casos evitados 2025-2032 (p 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%
Mortalidad	Cardiopulmonar largo plazo	2.627	[1867; 3557]	10.673	[7670; 14382]
	Infantil, todas las causas	24	[14; 34]	107	[62; 153]
Admisiones hospitalarias	Asma (crónica)	60	[44; 73]	269	[196; 327]
	Cardiovascular	1.127	[883; 1294]	4.713	[3691; 5394]
	Respiratorias crónicas	116	[0; 217]	490	[16; 889]
	Neumonía	703	[335; 1009]	2.849	[1363; 4091]

Visitas Salas de Emergencia	Bronquitis	37.216	[25323; 48990]	168.001	[114957; 221316]
Productividad perdida	Días laborales	257.642	[251871; 286393]	1.141.786	[1116173; 1269189]
	Días de actividad restringida	1.503.258	[1450531; 1597282]	6.655.345	[6428685; 7073240]
	Días de actividad restringida menor	2.860.691	[2697992; 3032712]	12.670.369	[11951547; 13431924]

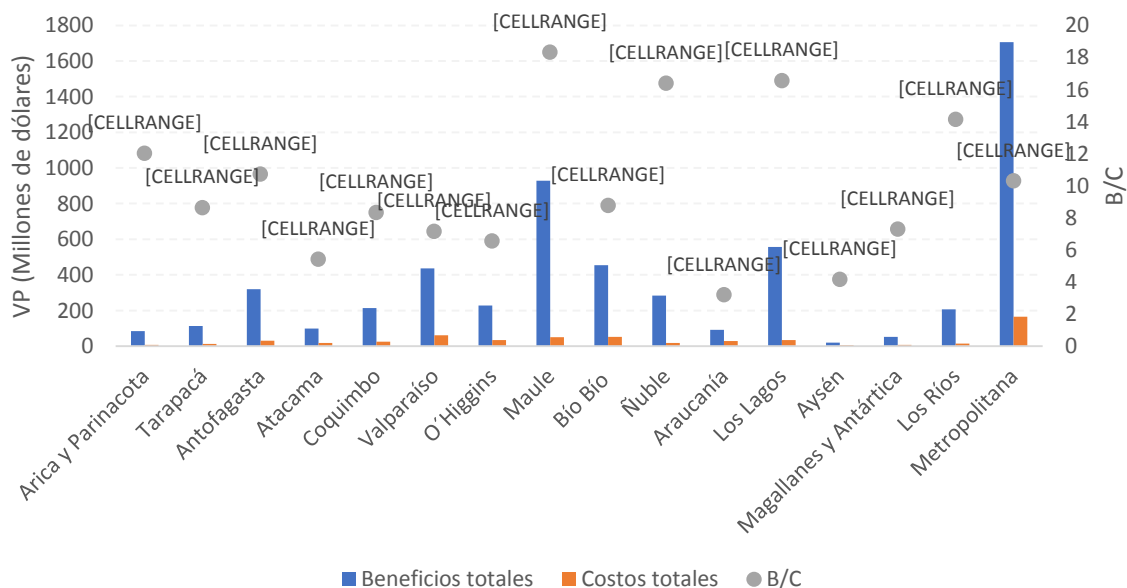
Fuente: Elaboración propia.

## 5.4 Indicadores del análisis costo beneficio

Una vez cuantificados los costos y beneficios asociados a la implementación de la normativa, es posible calcular los indicadores típicos de un análisis costo-beneficio, como el valor presente de costos, beneficios, valor actual neto y razón beneficio-costos.

La Figura 5-7 presenta, para cada región del país, el valor presente de los beneficios totales (incluyendo beneficios en salud, beneficios derivados de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y ahorros en combustibles), los costos totales (de inversión, operación y mantención) y la razón beneficio-costos. Como se observa en la figura, la razón beneficio-costos varía entre regiones, entre un mínimo de 3 y un máximo de 18, dependiendo del nivel de actividad, de la reducción de concentración resultando, de la población expuesta en cada región, entre otros. De todas formas, en todas las regiones se obtiene una relación beneficio-costos mayor a 1.

Figura 5-7. Valor presente de costos y beneficios (millones de dólares), razón costo-beneficio según región.

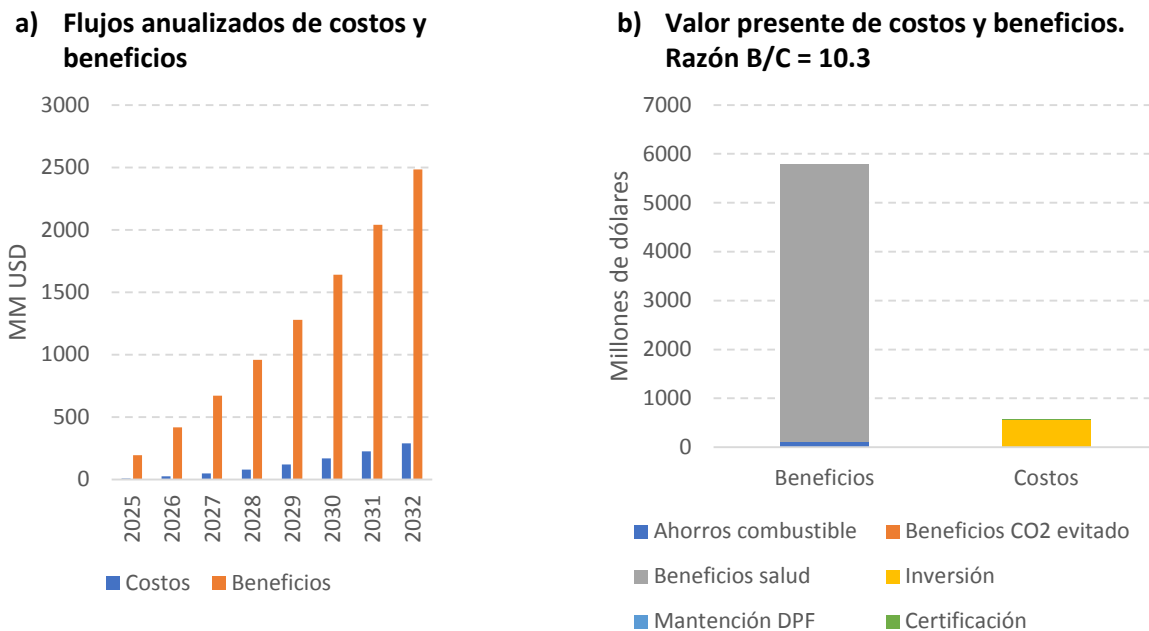


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-8 presenta los flujos de costos y beneficios durante el periodo de evaluación, así como los indicadores agregados de la implementación de la normativa. Como se observa en la figura, los

beneficios son mayores a los costos de implementación, obteniéndose beneficios 10,3 veces superiores a los costos. Los beneficios en salud corresponden al 98% del total de los beneficios asociados a la normativa, mientras que los costos incrementales de inversión también corresponden al mismo porcentaje de los costos totales.

Figura 5-8. Flujos anualizados y valor presente de costos y beneficios.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la distribución de beneficios, la población en general obtendría un 96,8% de los beneficios, debido a pérdidas de utilidad evitada y la reducción de gastos médicos. Los emisores recibirían los beneficios asociados a los ahorros de combustible, correspondientes al 1,7% de los beneficios totales. Por su parte, el Estado tendría ahorros en gastos médicos a través de las prestaciones

evitadas por FONASA, al igual que la salud privada. Se asume que los costos de inversión y mantención recaerían en un 100% en los emisores.

Tabla 5-3. Costos y beneficios según agente. Valores en millones de dólares.

Agente	Beneficios Salud	Beneficios CO <sub>2</sub> evitado	Ahorros combustible	Inversión	Mantención DPF	Certificación	Distribución beneficios	Distribución costos
Estado	\$50	\$16					1,1%	
Población	\$5,611						96,8%	
Salud Privada	\$19						0,3%	
Emisor			\$99	\$548	\$16	\$0,48	1,7%	100%
<b>Total</b>	\$5,680	\$16	\$99	\$548	\$16	\$0,48	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.



## 6 Conclusiones

El presente documento analiza los costos y beneficios asociados a la implementación de la normativa Euro VI para vehículos pesados (de carga y buses) a nivel nacional a partir del año 2025.

Previo al cálculo de los indicadores del análisis costo beneficio, se cuantifican las reducciones de emisiones y los impactos en calidad el aire que tendría la normativa. Se estima una reducción con respecto a la línea base en 2032 de 230 toneladas de MP<sub>2,5</sub> (equivalente al 20%) y de 28.642 toneladas de NOx (equivalentes al 40%). Otros contaminantes, como el SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se verían reducidos en una menor proporción (cerca de un 1%), mientras que habría un leve aumento del N<sub>2</sub>O y COV. El MP<sub>2,5</sub> ambiental se vería reducido entre 0,4 y 2,8 µg/m<sup>3</sup> en 2032, dependiendo de la zona geográfica.

Se consideran en el análisis los costos incrementales de inversión para dar cumplimiento a la normativa, con respecto a la normativa vigente en el país, Euro V, los costos de mantenimiento de los filtros de partículas y los de certificación que deberán incurrir los modelos introducidos al mercado.

Con respecto a los beneficios, se valorizan los impactos de mortalidad prematura evitada, morbilidad evitada y productividad perdida asociados a una reducción del MP<sub>2,5</sub> ambiental, así como beneficios debido a emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas y ahorros de combustible.

Los resultados indican una alta rentabilidad social de introducir la normativa, con una razón beneficio-costo igual a 10,3. El valor actual neto de la normativa sería de \$5.231 millones de dólares, con beneficios de \$5.795 y costos de \$564 millones de dólares<sup>10</sup>. La mayor parte de los beneficios correspondería a mortalidad prematura evitada (98.5%), mientras que la mayor parte de los costos correspondería a los costos incrementales de inversión (también un 99%).

---

<sup>10</sup> Se considera un periodo de evaluación desde el año 2022 al 2032, calculándose el valor presente para el año 2022. Se asume un valor de la UF de 31.775,27 pesos, un tipo de cambio de 807.88 pesos por dólar y un valor de la vida estadística de 17.788 UF en 2022.

## 7 Referencias

- ANAC. (2018). *Anuario Automotriz 2016/2017*.
- ANAC. (2019). *Informe del Mercado Automotor, Diciembre 2019*.
- ANAC. (2021). *Informe de Mercado Automotor, Octubre 2021*.
- Blumberg, K. (2010a). *Euro VI / EPA 2010 para transportación limpio*.
- Blumberg, K. (2010b). *Euro VI / EPA 2010 para transportación limpio*.
- EEA. (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Chapter Non-road mobile sources and machinery*.
- EEA. (2021). *1.A.3.b.i-iv Road Transport Appendix 4 Emission Factors 2019 — European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/road-transport-appendix-4-emission/view>
- European Environment Agency. (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016*.
- Geasur. (2015). *Generación de antecedentes para la evaluación técnico económica a la aplicación de medidas de control para fuentes móviles en PPDA Región Metropolitana*.
- GreenLabUC. (2011). *Co-beneficios de la mitigación de GEI*.
- GreenLabUC. (2018). *Estudios de Metodologías para la Evaluación de Normas de Calidad y Complemento a Estimación de Beneficios en Salud Derivados de la Contaminación Atmosférica*.
- GreenLabUC. (2020). *Actualización de Tasas de Incidencia Base de Mortalidad y Morbilidad para Contaminación Atmosférica y Creación de un Modelo Automático para la Actualización*.
- INE. (2021). *Parque de vehículos. Permisos de Circulación*. <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion/parque-de-vehiculos>
- International Council on Clean Transportation. (2016). *Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles*.
- Miller, J., & Façanha, C. (2016). *COST-BENEFIT ANALYSIS OF BRAZIL'S HEAVY-DUTY EMISSION STANDARDS (P-8)*.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2021). *Precios Sociales 2021*.
- 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*.
- MMA. (2017). *Manual para el Desarrollo de Inventario de Emisiones Atmosféricas*.
- MTT. (2021). *Valores 2021 Servicios 3CV*. <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/01/TABLA-VALORES-SERVICIOS-2021.pdf>

- Rizzi, L. I., & Ortúzar, J. de D. (2003). Stated preference in the valuation of interurban road safety. *Accident; Analysis and Prevention*, 35(1), 9–22. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00082-3)
- US EPA. (2010). *CONTROL STRATEGY TOOL (COST) CONTROL MEASURES DATABASE (CMDB) DOCUMENTATION*.

## 8 Anexo extracción de datos en modelo de beneficios DEA

El presente análisis fue elaborado en el modelo “Pesados 2021.ana”, el que recibe los datos de beneficios unitarios del modelo “Beneficios2021\_En proceso.ana”. La Tabla 8-1 presenta las rutas en el disco compartido del DEA en la que se ubican dichos modelos.

Tabla 8-1. Modelos utilizados y sus rutas en el disco compartido del DEA, MMA.

Modelo	Ruta	Uso
Beneficios2021_En proceso.ana	Z:\Proyectos\Economía Ambiental\Evaluación Económica\Aire\2021 - NE vehículos pesados\Modelos	Extracción de beneficios unitarios (por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$ ). <b>Lee BD2022<sup>11</sup></b>
Pesados 2021.ana		Modelo de la norma Euro VI para vehículos pesados

La configuración de supuestos utilizada en modelo “Beneficios2021\_En proceso.ana” se presenta en la Figura 8-1.

Figura 8-1. Configuración del modelo “Beneficios2021\_En proceso.ana” para extraer los resultados de beneficios unitarios

INPUTS:

PB: Selecciona Lectura Excel o Access Access ▼

PB: Año Inicio 2020

PB: Año Final 2035

Análisis Económico - Selecciona Escenario Beneficios Normal ▼

Selección VVE MMA B2016 ▼

PB: Selecciona Urbana Rural All ▼

Selección Datos Beneficios ATICA2 ▼

Selección Fuente Betas OMS + PDA Generic ▼

Las variables a ejecutar en el modelo de beneficios (ver Tabla 8-2), deben copiarse en planilla de cálculo “Datos\_pesados”, ubicada en Z:\Proyectos\Economía Ambiental\Evaluación Económica\Aire\2021 - NE vehículos pesados\Datos. La Tabla 8-2 detalla las variables a ejecutar en el modelo de beneficios y la pestaña correspondiente en la planilla de cálculo.

<sup>11</sup> Ubicada en Z:\Proyectos\Economía Ambiental\Evaluación Económica\Metodología\2021 - Beneficios Aire\Datos

Tabla 8-2. Variables a ejecutar en modelo de beneficios y pestaña correspondiente en planilla "Datos\_pesados.xlsx"

<b>Variable modelo <i>Beneficios2021_En proceso.ana</i></b>	<b>Pestaña en planilla <i>Datos_pesados.xlsx</i></b>
Tabla_indicadores_pr	Tabla_indicadores_pr
Tabla_indicadores_di	Tabla_indicadores_di
Tabla_ind_prob	Tabla_ind_prob



Es un Programa de:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE**

Ejecutado por:



[calac@swisscontact.org.pe](mailto:calac@swisscontact.org.pe)

[www.programacalac.com](http://www.programacalac.com)

Facebook: @CALACplus

Twitter: @Calacplus

Calle José Gálvez N° 692 - Piso 7, Miraflores

Lima 15073, Perú,

Teléfonos: +51 (0)1 500 5075

[www.swisscontact.org](http://www.swisscontact.org)