



Informe Número

**1611629**

Original



---

**INVENTARIO DE EMISIONES SECTOR TRANSPORTE EN LA  
REGIÓN METROPOLITANA**

**ID Licitación: 611134-4-LE23**

**Estudio solicitado por Subsecretaría del Medio Ambiente, y la SEREMI  
del Medio Ambiente de la Región Metropolitana**

**INFORME FINAL**

**Santiago, 7 de diciembre de 2023**

**Título del Proyecto**

**INVENTARIO DE EMISIONES SECTOR TRANSPORTE EN LA  
REGIÓN METROPOLITANA**

**Autores:**

Jefe de proyecto: Luis Cifuentes

Experto asesor: Stefano Botello

Ingenieros: Alejandro Bañados, Carolina Moya

Dictuc S.A.

Vicuña Mackenna N° 4860, Macúl – Santiago

**Datos Mandante**

Razón Social: Subsecretaría del Medio Ambiente

RUT: 61.979.930-5

Dirección: San Martín 73, Santiago

**Resumen**

Informe final de la creación del inventario de emisiones atmosféricas del sector Transporte en ruta para la Región Metropolitana, para el año 2022. Se caracteriza la información recibida por parte de los servicios públicos y se estiman las emisiones, utilizando una metodología distinta para el subsector de motos y bicimotos. Se muestran los resultados obtenidos para cada contaminante y se analizan, además de comparar con el inventario de emisiones atmosféricas 2014.

**Cuerpo del informe**

79 hojas (incluye portada)

**Fecha del informe**

7/12/2023

**Información Contractual**

Correlativo Contrato: 3448

OC N°: 611134-20-SE23

**Contraparte técnica**

Nombre: Diego Ramírez

Cargo: Profesional Área de Calidad del  
Aire y Cambio Climático, SEREMI del  
Medio Ambiente RM

E-mail: dramirez@mma.gob.cl

---

Sr. Luis Cifuentes

Director GreenLab

Dictuc S.A.

---

Sr. Felipe Bahamondes

Gerente General

Dictuc S.A.

## 1.1 Tabla de Contenidos

1.1	Tabla de Contenidos.....	1
1.2	Lista de Tablas .....	2
1.3	Lista de Figuras.....	3
1.4	Acrónimos y Abreviaturas .....	5
<b>2.</b>	<b>Antecedentes y justificación del estudio.....</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>Objetivos del estudio .....</b>	<b>2</b>
3.1	Objetivo general.....	2
3.2	Objetivos específicos.....	2
<b>4.</b>	<b>Información de servicios públicos.....</b>	<b>3</b>
<b>5.</b>	<b>Caracterización del sector .....</b>	<b>4</b>
5.1	Parque vehicular INE .....	4
5.2	Plantas de revisión técnica.....	9
5.3	Composición vehicular de carreteras concesionadas MOP.....	13
5.4	Modelaciones SECTRA.....	18
<b>6.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>23</b>
6.1	Transporte en ruta .....	23
6.2	Ajuste autopistas concesionadas .....	24
6.3	Metodología tipo arco.....	26
6.3.1	<i>Flujos vehiculares .....</i>	<i>26</i>
6.3.2	<i>Perfiles temporales y composición del parque vehicular .....</i>	<i>26</i>
6.3.3	<i>Composición tecnológica .....</i>	<i>26</i>
6.3.4	<i>Archivos de shapefile .....</i>	<i>27</i>
6.4	Metodología tipo zona .....	27
6.4.1	<i>Parque vehicular .....</i>	<i>27</i>
6.4.2	<i>Matriz EOD y shapefile de sectores.....</i>	<i>28</i>
6.5	Meteorología.....	28
6.6	Motos y bicimotos.....	29
<b>7.</b>	<b>Subsector “motos y bicimotos” .....</b>	<b>30</b>

7.1	Metodología de estimación .....	30
7.2	Categorías.....	31
7.3	Factores de emisión .....	32
7.4	Factores de emisión para CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> y Hg.....	33
7.5	Metodología de obtención de información en terreno .....	34
7.5.1	<i>Diseño preliminar de la encuesta.....</i>	<i>34</i>
7.5.2	<i>Pilotaje de la encuesta y resultados.....</i>	<i>35</i>
7.5.3	<i>Diseño final encuesta .....</i>	<i>37</i>
7.5.4	<i>Resultados y análisis de la aplicación del diseño final de la encuesta.....</i>	<i>37</i>
<b>8.</b>	<b>Resultados del inventario de emisiones.....</b>	<b>42</b>
8.1	Resultados principales.....	42
8.2	Resultados por categoría de vehículo .....	49
8.3	Comparación con inventarios anteriores.....	53
8.4	Análisis del subsector bicimotos .....	54
<b>9.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>56</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>58</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>59</b>
11.1	Anexo 1: Diccionario de categorías ESTRAUS a CCF6.....	59
11.2	Anexo 2: Diccionarios de códigos PRT a clasificación CCF8.....	59
11.3	Anexo 3: Composición nuevas tecnologías en las PRT.....	61
11.4	Anexo 4: Comparación de composición tecnológica porcentual 2021-2022.....	63
11.5	Anexo 5: Emisiones por comunas de la Región Metropolitana. ....	71

## 1.2 Lista de Tablas

Tabla 4-1	Solicitud de información de servicios públicos.....	3
Tabla 5-1	Estructura de la base de datos entregada por INE. ....	4
Tabla 5-2	Recuento de tipos de vehículos para la RM.....	7
Tabla 5-3	Estructura de la base de datos de PRT.....	9
Tabla 5-4	Kilometraje acumulado promedio para cada categoría de vehículo.....	11
Tabla 5-5	Kilometraje anualizado promedio para cada categoría de vehículo. ....	11
Tabla 5-6	Años de antigüedad promedio para cada categoría de vehículo. ....	13

Tabla 5-7 Estructura de la base de datos entregada por MOP.....	13
Tabla 5-8 Estructura de la base de datos de entrada de emisiones.....	19
Tabla 5-9 Flujo total y promedio para vehículos modelados.....	20
Tabla 5-10 Promedio de velocidades modeladas.....	21
Tabla 6-1 Contaminantes estimados por MODEM.....	24
Tabla 6-2 Estructura del Excel creado con el ajuste de flujos.....	25
Tabla 6-3 Estructura del archivo de composición tecnológica.....	27
Tabla 6-4 Diccionario subtipo INE a código CCF6 MODEM.....	28
Tabla 6-5 Estructura del archivo de parque vehicular INE.....	28
Tabla 7-1 Fuentes de información para los parámetros de la Ecuación 5.....	30
Tabla 7-2 Composición tecnológica de motocicletas.....	31
Tabla 7-3 Categorías vehiculares según factores de emisión.....	32
Tabla 7-4 Factores de emisión para motos y bicimotos.....	32
Tabla 7-5 Valores de consumo promedio de combustible.....	33
Tabla 7-6 Factores de emisión calculados [g/km].....	34
Tabla 7-7 Resultados del pilotaje de la encuesta.....	35
Tabla 7-8 Resultados de la aplicación del diseño final de encuesta.....	39
Tabla 8-1 Emisiones por tipo de descarga y categoría vehicular 2022 (sin motos y bicimotos) [ton/año].....	43
Tabla 8-2 Emisiones por contaminante subsector motos 2022.....	45
Tabla 8-3 Emisiones por contaminante subsector bicimotos 2022.....	46
Tabla 8-4 Inventario de emisiones atmosféricas 2022 [ton/año].....	48
Tabla 8-5 Emisiones por categoría vehicular 2022 [ton/año].....	49
Tabla 8-6 Comparación inventario de emisiones 2012-2022 [ton/año].....	54
Tabla 8-7 Potenciales de calentamiento global para horizontes de 20 y 100 años.....	55
Tabla 8-8 Comparación emisiones bicimotos con motos < 250 cc Euro 5.....	55
Tabla 11-1 Diccionario de categorías ESTRAUS a CCF6.....	59
Tabla 11-2 Diccionario de tipo de vehículo PRT a CCF8.....	59
Tabla 11-3 Diccionario de tipo de servicio PRT a Uso y Locación CCF8.....	60
Tabla 11-4 Diccionario de tipo de combustible PRT a CCF8.....	61
Tabla 11-5 Diccionario de tipo de certificación PRT a CCF8.....	61
Tabla 11-6 Diccionario de código de sello a CCF8.....	61
Tabla 11-7 Diccionario de código de tara a CCF8.....	61
Tabla 11-8 Composición nuevas tecnologías en las PRT.....	61
Tabla 11-9 Comparación de composición tecnológica años 2021-2022.....	63
Tabla 11-10 Emisiones por comunas 2022 [ton/año] (sin motos y bicimotos).....	71

### 1.3 Lista de Figuras

Figura 5-1 Recuento de permisos de circulación por comunas de la RM.....	5
--	---

Figura 5-2 Recuento de tipos de vehículos en la RM.....	6
Figura 5-3 Recuento de tipos de motor en la RM.....	8
Figura 5-4 Porcentaje por tipo de motor para cada categoría de vehículo.....	8
Figura 5-5 Recuento de vehículos no motorizados. ....	9
Figura 5-6 Kilometraje acumulado de vehículos según el año de fabricación. ....	10
Figura 5-7 Kilometraje acumulado promedio por categoría de vehículo.....	11
Figura 5-8 Histogramas de kilometraje anualizado para categorías de vehículo.....	12
Figura 5-9 Flujo anual diferenciado por concesión para cada año.....	14
Figura 5-10 Promedio del flujo diario para cada mes desagregado por categoría. ....	15
Figura 5-11 Promedio del flujo diario para cada mes (sin autos y camionetas). ....	16
Figura 5-12 Flujo vehicular diario según las semanas del año 2022. ....	17
Figura 5-13 Flujo horario desglosado por día y tarifa año 2022.....	18
Figura 5-14 Histograma del flujo total por arco. ....	20
Figura 5-15 Histograma de las velocidades en el arco para flujo libre.....	21
Figura 5-16 Histograma de las velocidades en el arco. ....	22
Figura 5-17 Histograma de las velocidades en el arco corredor. ....	22
Figura 6-1 Esquema metodología MODEM. ....	23
Figura 6-2 Arcos adyacentes válidos para reemplazo de flujo. ....	25
Figura 7-1 Histograma cc del motor para la encuesta piloto. ....	36
Figura 7-2 Histograma kilometraje anual para la encuesta piloto. ....	36
Figura 7-3 Puntos de interés en la zona Alameda y Parque Bustamante.....	38
Figura 7-4 Puntos de interés en la zona Av. Providencia con Tobalaba. ....	38
Figura 7-5 Histograma cc del motor para la encuesta.....	40
Figura 7-6 Histograma del kilometraje anual para la encuesta.....	40
Figura 7-7 Métodos de estimación de los encuestados. ....	41
Figura 8-1 Emisiones totales por contaminante 2022 (sin motos y bicimotos). ....	44
Figura 8-2 Emisiones totales por contaminante 2022, excluyendo CO <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> eq (sin motos y bicimotos). ....	44
Figura 8-3 Emisiones totales por contaminante subsector motos 2022.....	45
Figura 8-4 Emisiones totales por contaminante subsector motos 2022, excluyendo CO <sub>2</sub> .....	46
Figura 8-5 Emisiones totales por contaminante subsector bicimotos 2022. ....	47
Figura 8-6 Emisiones totales por contaminante subsector bicimotos 2022, excluyendo CO <sub>2</sub> . ...	47
Figura 8-7 Emisiones totales por contaminante 2022 [ton/año]. ....	48
Figura 8-8 Emisiones totales por contaminante 2022 [ton/año], excluyendo CO <sub>2</sub> . ....	49
Figura 8-9 Emisiones de MP <sub>2.5</sub> por categoría de vehículo 2022 [ton/año]. ....	50
Figura 8-10 Emisiones de MP <sub>10</sub> por categoría de vehículo 2022 [ton/año]. ....	50
Figura 8-11 Emisiones de NO <sub>x</sub> por categoría de vehículo 2022 [ton/año]. ....	51
Figura 8-12 Emisiones de COV por categoría de vehículo 2022 [ton/año]. ....	52
Figura 8-13 Emisiones de CO por categoría de vehículo 2022 [ton/año].....	52
Figura 8-14 Porcentaje por categoría vehicular para las emisiones de cada contaminante.....	53

## 1.4 Acrónimos y Abreviaturas

### Instituciones

EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente
MOP:	Ministerio de Obras Públicas
MTT:	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
SECTRA:	Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, Subsecretaría de Transportes
DGC:	Dirección General de Concesiones
EEA:	European Environment Agency

### Programas y Estudios

EMEP:	Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación
-------	--

### Países

UE:	Unión Europea
-----	---------------

### Abreviaturas

AM:	Punta mañana
FE:	Factores de Emisión
FEC:	Factores Emisión-Concentración
FP:	Fuera de Punta
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
PPDA:	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica
PRT:	Planta de Revisión Técnica
MODEM:	Modelo de emisiones vehiculares
SGPRT RB:	Sistema de Gestión de Plantas de Revisión Técnicas – Revisión técnica tipo B
KMac:	Kilometraje acumulado
KMan:	Kilometraje anualizado

### Prefijos

T: Tera ( $10^{12}$ )

G: Giga ( $10^9$ )  
M: Mega ( $10^6$ )  
K: Kilo ( $10^3$ )  
m: Mili ( $10^{-3}$ )  
 $\mu$ : Micro ( $10^{-6}$ )  
n: Nano ( $10^{-9}$ )

## Unidades Básicas

Kg: Kilogramo (Masa)

## Contaminantes

MP10:	Material Particulado Respirable
MP2.5:	Material Particulado Fino
CO:	Monóxido de carbono
NOx:	Óxidos de Nitrógeno
N2O:	Óxido Nitroso
SO2:	Anhídrido Sulfúrico
COV:	Compuesto Orgánico Volátil
NH3:	Amoniaco
CO2:	Dióxido de carbono
DLCs:	Dioxinas
PCDF:	Furanos
Hg:	Mercurio
O3:	Ozono

## Formato

"," separador decimal

"." separador de miles

## **2. Antecedentes y justificación del estudio**

El D.S. N°31/2016 del MMA, del 24 de noviembre de 2017, que establece el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago (en adelante PPDA), tiene por objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable (MP10), Material Particulado Fino Respirable (MP2,5) y Ozono (O3), en un plazo de 10 años.

Mediante Resolución Exenta N°1442 del MMA, de 24 de noviembre de 2022, se dio inicio al proceso de revisión y actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana. Para lo anterior se requiere contar con el inventario de emisiones de contaminantes locales de los distintos sectores identificados en el PPDA vigente. En este caso en particular, se considera la elaboración del inventario de emisiones del sector Transporte.

### **3. Objetivos del estudio**

#### **3.1 Objetivo general**

El objetivo de la presente licitación es desarrollar el inventario de emisiones atmosféricas del sector Transporte en ruta para la Región Metropolitana, para el año 2022.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Obtener y procesar información que proveerá el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el Instituto Nacional de Estadísticas, las Plantas de Revisión Técnica u otros organismos, necesaria para obtener el inventario de emisiones.
- b) Caracterizar el sector transporte en ruta, actualizar el estado del arte y definir la metodología con que se construirá el inventario de emisiones del sector.
- c) Obtener información del subsector "motos y bicimotos", a través de encuestas y levantamiento de información en terreno, además de otros posibles medios de información.
- d) Elaborar el inventario de emisiones atmosféricas, a partir de la información obtenida previamente.
- e) Elaborar material para análisis y difusión de los resultados del estudio.

## 4. Información de servicios públicos

Para poder construir el inventario de emisiones atmosféricas se necesita contar con información de distintas características, por lo que se realizó una solicitud de información a diversos servicios públicos. El tipo de información y servicio público al cual se solicitó se presenta dentro de la Tabla 4-1. Se puede observar que la mayor parte de los datos con que se trabajará a lo largo del proyecto corresponde a datos entregados por SECTRA. La información original recibida puede consultarse en el Anexo Digital.

**Tabla 4-1 Solicitud de información de servicios públicos.**

Información solicitada	Servicio público
Parque Red (buses urbanos) 2022	MTT
Fiscalización y control de motos 2023	
Parque vehicular 2022	INE
Velocidad y composición vehicular carreteras concesionadas 2021-2023	MOP
Georreferenciación de pódicos de autopistas	
Plantas de revisión técnica 2021-2022	SECTRA <sup>1</sup>
Matriz EOD	
Zonas y sectores	
Composición vehicular por hora	
Perfil mensual	
Perfil semanal	
Flujos modelados	
Meteorología	
Arcos	

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> El Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), es un organismo técnico especializado en planificación de transporte.

## 5. Caracterización del sector

Dentro de este capítulo se presenta la caracterización de la información, en particular de las bases de datos relacionadas al parque vehicular, plantas de revisión técnica y flujo vehicular de las carreteras concesionadas.

### 5.1 Parque vehicular INE

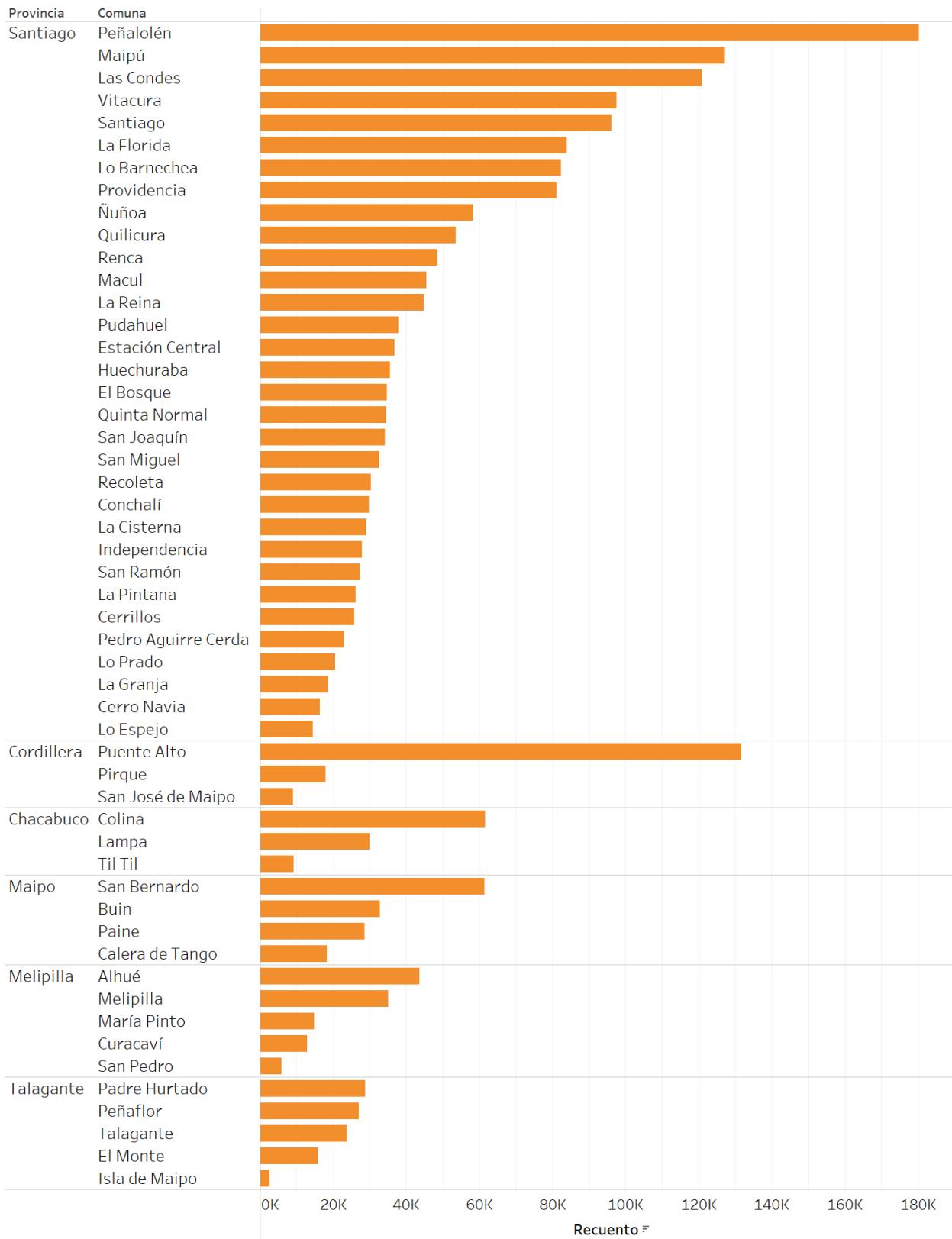
La base de datos entregada por INE abarca el año 2022 y contempla los siguientes campos que se muestran en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1 Estructura de la base de datos entregada por INE.**

Nombre del campo	Descripción
<b>Región</b>	Número identificador de cada Región.
<b>Provincia</b>	Número identificador de cada Provincia.
<b>Comuna</b>	Número identificador de cada Comuna.
<b>PVT_Cod_Tipo_Vehiculo</b>	Número identificador del tipo de vehículo.
<b>Cod_Marca</b>	Número identificador de la marca del vehículo.
<b>PVT_Modelo</b>	Nombre del modelo del vehículo.
<b>PVT_Ano_Fabricacion</b>	Año de fabricación del vehículo.
<b>CodTipoMotor</b>	Número identificador del tipo de motor del vehículo.
<b>COMUNA_ppt</b>	Número identificador de cada Comuna.

Fuente: Elaboración propia.

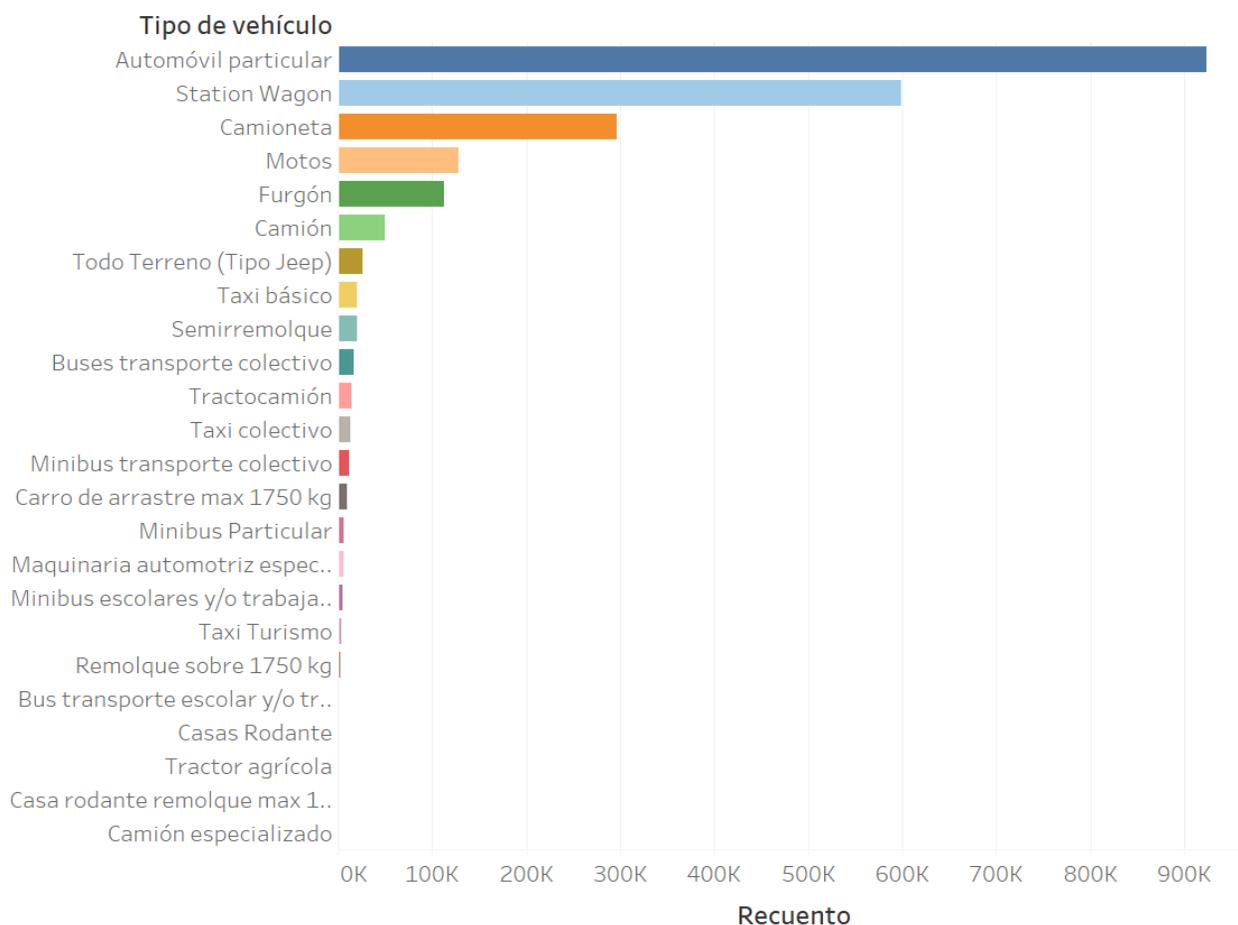
En la Figura 5-1 se muestra el recuento de pagos de permisos de circulación de vehículos durante el año 2022 para las comunas que componen la Región Metropolitana, agrupadas por provincia. Se puede observar que en la provincia de Santiago se concentra la mayor cantidad, siendo Peñalolén la comuna con mayor registro de pagos de permisos de circulación, lo que no implica necesariamente que los vehículos registrados pertenezcan a dicha comuna.



**Figura 5-1 Recuento de permisos de circulación por comunas de la RM.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

A continuación, se realizó un recuento de vehículos según las distintas categorías de tipo de vehículo dentro de la Región Metropolitana. En la Figura 5-2 se puede observar que, para un total de 24 categorías, el Automóvil Particular corresponde al tipo de vehículo con la mayor cantidad de registros, seguido por los Station Wagon, Camionetas y Motos.



**Figura 5-2 Recuento de tipos de vehículos en la RM.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

El detalle del recuento de los vehículos para cada categoría se muestra en la Tabla 5-2. Se puede observar que en la Región Metropolitana se registraron 923.884 pagos de permisos de circulación para automóviles particulares, 598.726 para vehículos Station Wagon, 296.891 para camionetas y 128.496 para motos. Respecto a los vehículos no motorizados, la categoría de Semirremolque posee la mayor cifra con 19.643 pagos de permisos de circulación.

**Tabla 5-2 Recuento de tipos de vehículos para la RM.**

<b>Vehículos motorizados</b>	<b>Recuento</b>
Automóvil particular	923.884
Station Wagon	598.726
Camioneta	296.891
Motos	128.496
Furgón	112.632
Camión	49.377
Todo Terreno (Tipo Jeep)	25.734
Taxi básico	20.690
Buses transporte colectivo	16.924
Tractocamión	14.760
Taxi colectivo	12.997
Minibús transporte colectivo	12.224
Minibús Particular	5.781
Maquinaria automotriz especializada	5.412
Minibús escolares y/o trabajadores	5.082
Taxi Turismo	3.439
Bus transporte escolar y/o trabajadores	1.226
Casas Rodante	609
Tractor agrícola	578
Camión especializado	20
<b>Total vehículos motorizados</b>	<b>2.235.482</b>
<b>Vehículos no motorizados</b>	
Semirremolque	19.643
Carro de arrastre máx. 1750 kg	10.039
Remolque sobre 1750 kg	2.055
Casa rodante remolque máx. 1750 kg	118
<b>Total vehículos no motorizados</b>	<b>31.855</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

Respecto de los distintos tipos de motor, se registran cuatro categorías. Como se puede observar en la Figura 5-3, la principal tecnología corresponde a los motores bencineros, con un total de 1.744.150 vehículos que representan el 78% de los registros.

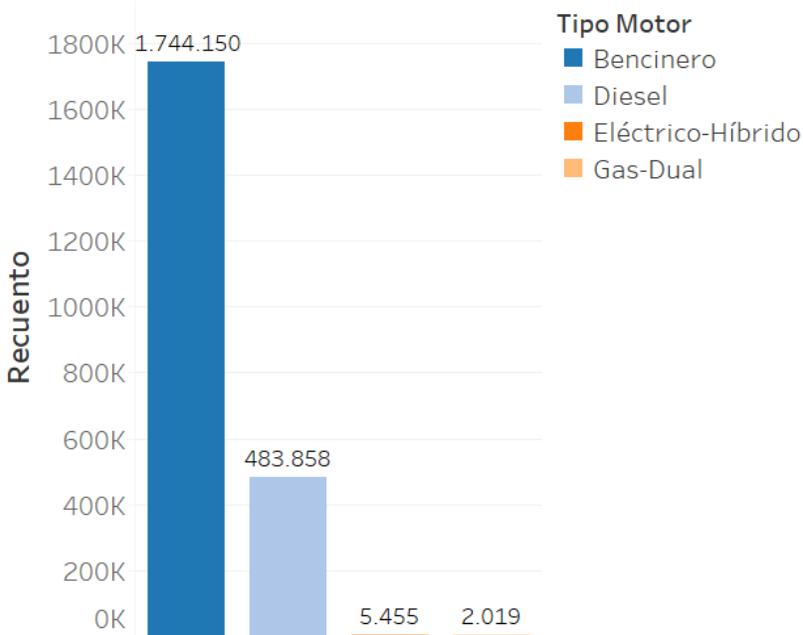


Figura 5-3 Recuento de tipos de motor en la RM.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

En la Figura 5-4 se presenta la composición de tipo de motor para cada categoría de vehículo, de forma porcentual. Se observa que vehículos de mayor tamaño, tales como camionetas, furgones, camiones, buses o minibuses, predomina el motor Diésel, en comparación a vehículos más pequeños que funcionan principalmente con bencina, como los automóviles particulares, Station Wagon, motocicletas, Jeep o taxis, entre otros. Los motores Eléctricos-Híbridos poseen mayor penetración en Buses de transporte colectivo.

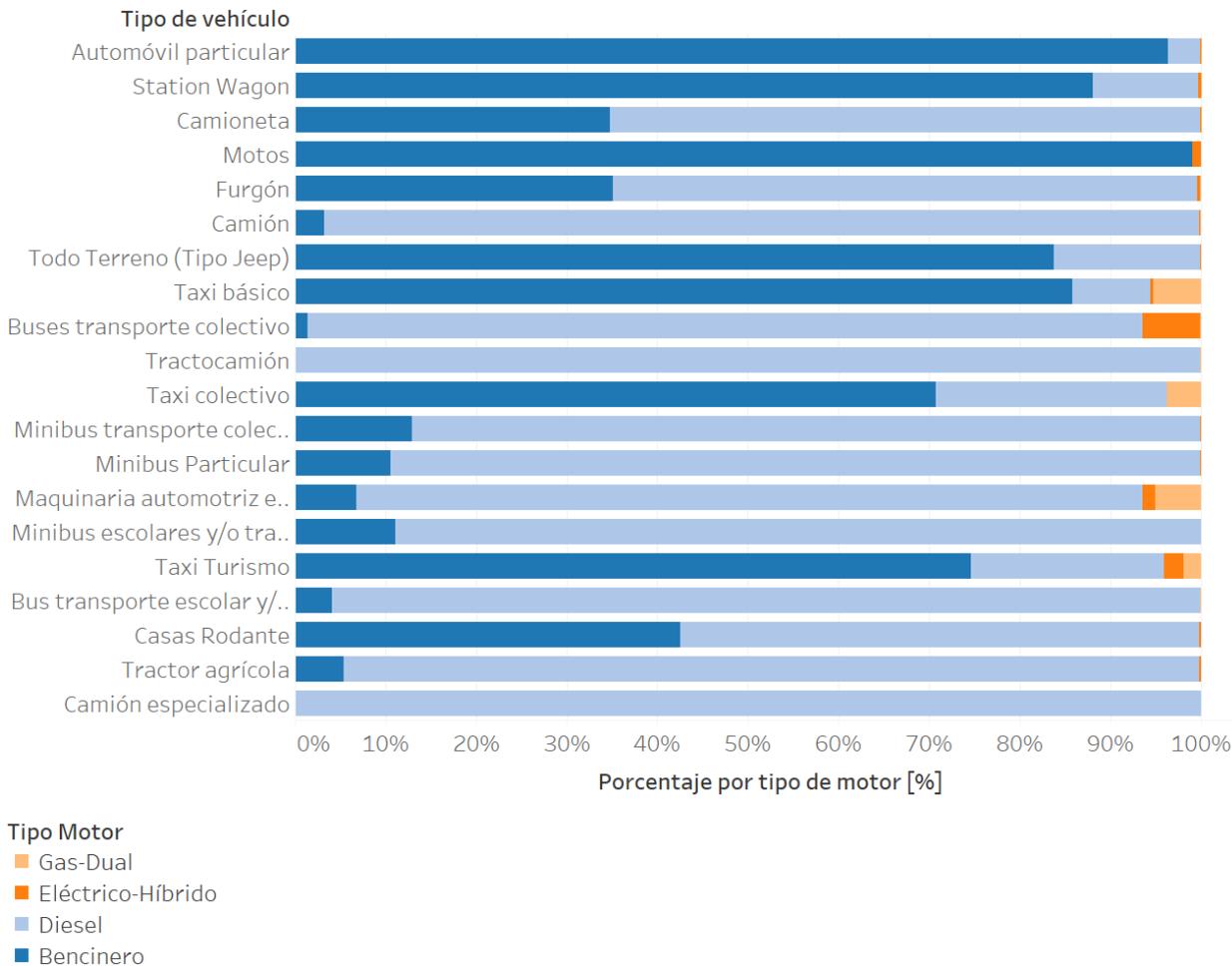
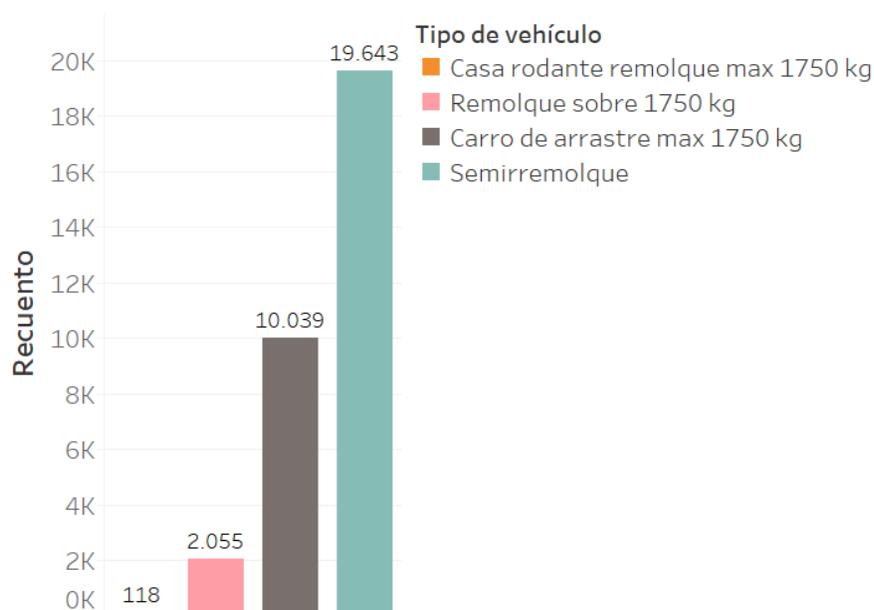


Figura 5-4 Porcentaje por tipo de motor para cada categoría de vehículo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

Por otro lado, existen vehículos no motorizados que realizan el pago de permiso de circulación. La Figura 5-5 muestra las distintas categorías de vehículos no motorizados y el recuento de registros para cada una. Dentro de los 31.855 vehículos no motorizados que se registran, la mayor

parte corresponde a la categoría de “Semirremolque” alcanzando un 61,7% del total de no motorizados. La segunda categoría que tiene una contribución relevante corresponde a la de “Carro de arrastre”, la cual compone un 31,5% de los vehículos no motorizados.



**Figura 5-5 Recuento de vehículos no motorizados.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del parque vehicular 2022 INE.

## 5.2 Plantas de revisión técnica

La División de Normas y Operaciones de la Subsecretaría de Transportes administra el sistema de información de las plantas de revisión técnica, cuya base de datos proporcionada abarca el período 2021-2022 y considera los campos que se muestran en la Tabla 5-3. En específico se analizó con mayor detalle los datos del SGPRT RB (Sistema de Gestión de Plantas de Revisión Técnica Tipo B), debido a que registra kilometraje e incluye la categoría de motocicletas.

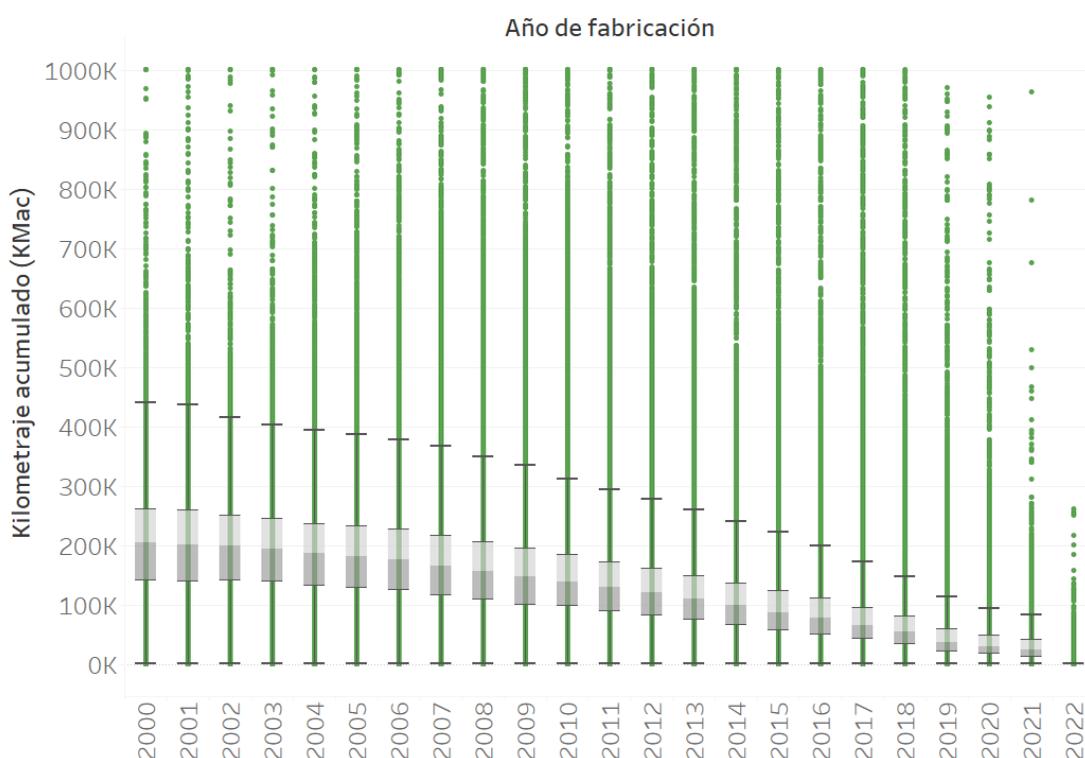
**Tabla 5-3 Estructura de la base de datos de PRT.**

Nombre del campo	Descripción
<b>CodigoPlantaRevisora</b>	Identificador de la Planta de Revisión Técnica.
<b>TipoCertificado</b>	Tipo de certificado de revisión técnica.
<b>FechaRevision</b>	Fecha en que el vehículo realiza la revisión, en formato DD-MM-AAAA.
<b>FechaVencimiento</b>	Fecha de vencimiento de la revisión técnica, en formato DD-MM-AAAA.
<b>ResultadoRevisionTecnica</b>	Resultado de la revisión técnica.
<b>NombreMarca</b>	Nombre de la marca del vehículo.
<b>NombreModelo</b>	Nombre del modelo del vehículo.
<b>Patente</b>	Número de placa patente único del vehículo.
<b>Tara</b>	Peso bruto vehicular en kilos.
<b>Potencia</b>	Potencia del vehículo (sólo para motor diésel).
<b>CodigoTipoServicio</b>	Número identificador del tipo de servicio asociado al vehículo.
<b>AnoFabricacion</b>	Año de fabricación del vehículo.
<b>CodigoTipoVehiculo</b>	Número identificador del tipo de vehículo.
<b>CodigoTipoCombustible</b>	Número identificador del tipo de combustible del vehículo.
<b>Kilometraje</b>	Valor del odómetro del vehículo, para la distancia total recorrida.
<b>CodigoTipoSello</b>	Indica el tipo de sello asociado al vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia se analizó la base de datos de PRT 2022 para la Región Metropolitana. La Figura 5-6 muestra un diagrama de caja con los datos de kilometraje acumulado ( $KM_{ac}$ ) para vehículos fabricados en distintos años, siendo  $KM_{ac}$  los kilómetros recorridos desde el año de fabricación del vehículo hasta el momento de la revisión técnica. Se puede observar que la mediana del kilometraje acumulado tiende a disminuir a medida que el año de fabricación es más reciente, debido a que con menos años de uso se debería tener menos kilómetros recorridos. Además, es posible notar una gran dispersión entre los datos de un mismo año de fabricación, lo

que podría ser originado a partir del error humano en el registro de información de las PRT, ya que se trata de información que se ingresa de manera manual al sistema.



Nota: Para vehículos fabricados a partir del año 2000, con el eje y cortado en 1.000.000 kilómetros.

**Figura 5-6 Kilometraje acumulado de vehículos según el año de fabricación.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2022.

Debido a la gran dispersión de los datos surge la necesidad de depurar la información con el fin de utilizar datos representativos en la caracterización de la base de datos y obtener una correcta estimación de las métricas principales. Para lograr lo anterior, se realizaron ciertos cálculos y filtros en la base de datos que permitieron depurar la información, los cuales se detallan a continuación:

1. Se creó una variable llamada “Kilometraje anualizado” ( $KM_{an}$ ) obtenida a partir de la diferencia del kilometraje acumulado entre dos revisiones técnicas para el mismo vehículo, normalizando por el tiempo transcurrido entre ambas revisiones. El  $KM_{an}$  representa los kilómetros que recorre el vehículo en un año.

**Ecuación 1 Cálculo de kilometraje anualizado**

$$KM_{an} \left[ \frac{km}{año} \right] = \frac{(KM_{ac\_segunda\_revisión} - KM_{ac\_primera\_revisión})}{Días\ transcurridos\ entre\ ambas\ revisiones} * 365 \frac{días}{año}$$

2. Se creó una variable llamada “Años de uso” obtenida a partir de la diferencia entre el año de la revisión técnica y el año de fabricación.

**Ecuación 2 Cálculo de años de uso**

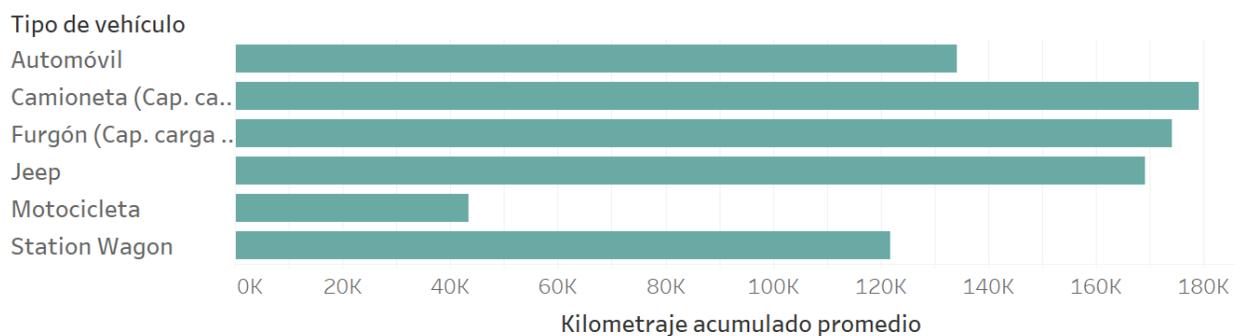
$$Años\ de\ uso = Año\ revisión\ técnica - Año\ de\ fabricación\ vehículo$$

3. Se aplicó un filtro dejando fuera los datos cuyo kilometraje anualizado ( $KM_{an}$ ) resultó ser negativo, igual a cero, o mayor a 500.000 km. Esto considerando que valores con ese cambio anual de kilómetros se deben posiblemente a que alguno de los registros de kilometraje acumulado fue mal anotado en las PRT.
4. Se aplicó un segundo filtro que excluyó los datos cuyo kilometraje acumulado dividido en los años de antigüedad del vehículo entregaran un resultado mayor a 300.000 km<sup>2</sup>. Esto considerando que es poco probable que un vehículo reciente tenga un kilometraje acumulado demasiado alto.

<sup>2</sup> Por ejemplo, se considera factible que un vehículo tenga un kilometraje acumulado de 600.000 km, pero solo si su año de fabricación es anterior a 2020.

5. El último filtro realizado consistió en dejar fuera los vehículos con año de fabricación previo al 2021 que contaran con un kilometraje menor a 1.000 km. Esto considerando que también hay problema con *outliers* de valores muy bajos.
6. Debido a que no todos los vehículos presentaban más de un registro de revisión técnica en la base de datos, existieron categorías en que la cantidad de resultados de cálculo de  $KM_{an}$  consideraban muy pocos vehículos. Por esto, no se consideraron en los análisis posteriores las categorías de vehículos que tuvieran menos de mil datos de kilometraje anualizado.

Realizada la depuración de los datos, se procedió a comparar el kilometraje acumulado promedio entre los distintos tipos de vehículo. Como se puede ver en la Figura 5-7, la categoría con mayor  $KM_{ac}$  promedio corresponde a la de Camioneta (con capacidad de carga menor a 1750 kg), que supera los 170.000 km.



**Figura 5-7 Kilometraje acumulado promedio por categoría de vehículo.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2021-2022.

El detalle del kilometraje acumulado promedio junto a otras estadísticas para cada categoría de vehículo se muestra en la Tabla 5-4. Se puede observar que para los Automóviles y Station Wagon el  $KM_{ac}$  promedio resultó ser de 134.083 y 121.708 respectivamente, mientras que para las Motocicletas fue de 43.431 kilómetros.

**Tabla 5-4 Kilometraje acumulado promedio para cada categoría de vehículo.**

Tipo de vehículo	$KM_{ac}$ promedio	Percentil 25	Percentil 75	Mediana
<b>Camioneta (Cap. carga menor a 1750 kg)</b>	179.103	109.542	230.451	163.305
<b>Furgón (Cap. carga menor a 1750 kg)</b>	174.092	105.045	223.328	158.341
<b>Jeep</b>	169.124	99.105	222.820	155.224
<b>Automóvil</b>	134.083	76.546	171.454	118.011
<b>Station Wagon</b>	121.708	70.781	158.362	108.598
<b>Motocicleta</b>	43.431	19.035	53.540	33.354

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2021-2022.

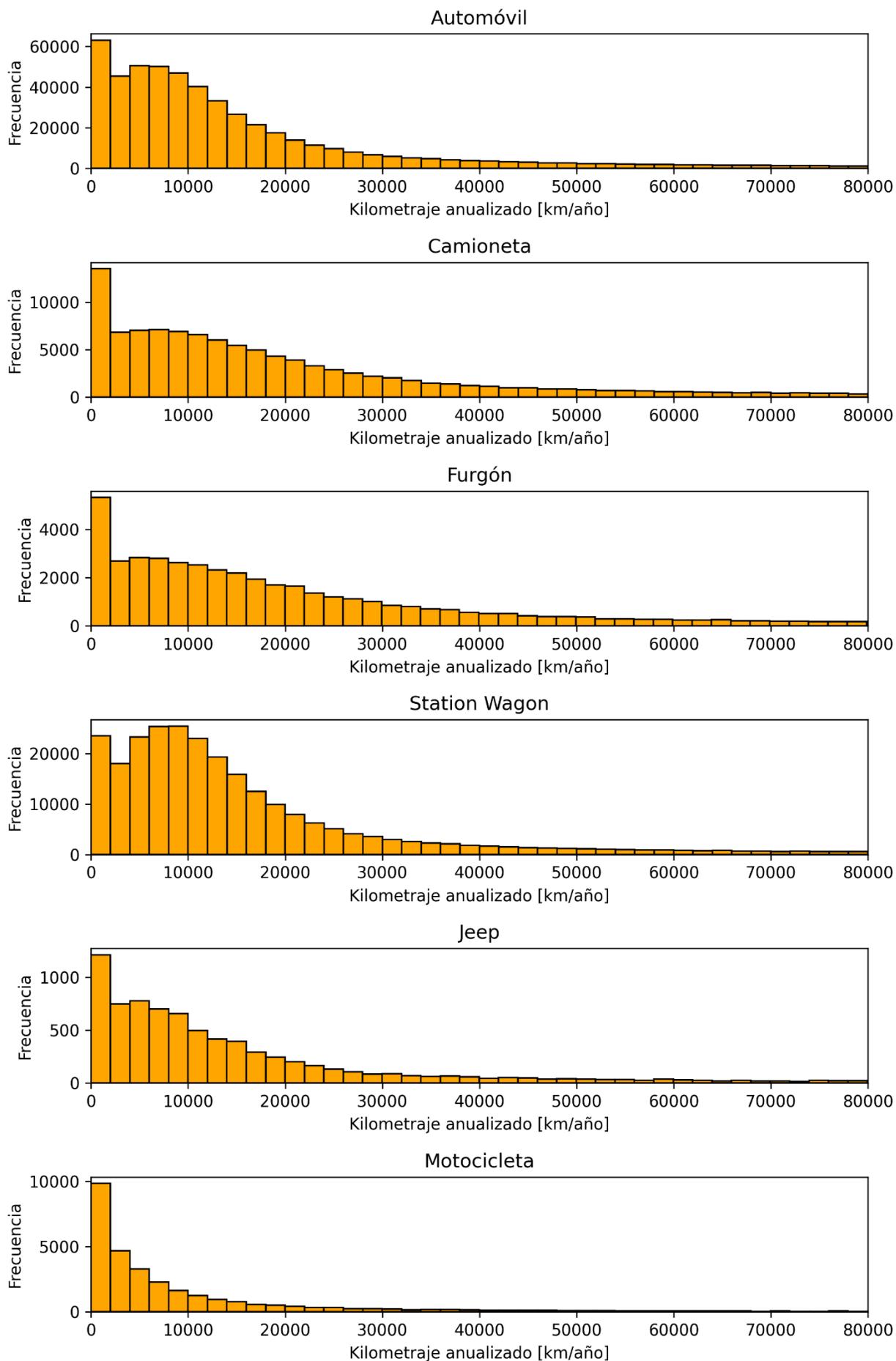
En la Tabla 5-5 se muestran estadígrafos para el kilometraje anualizado según la categoría de vehículo. Se puede observar que la categoría de Furgón (con capacidad menor a 1750 kg) tiene el valor más alto, con 44.756 kilómetros que recorrerían en promedio cada año. Para los Automóviles y Station Wagon el  $KM_{an}$  promedio resultó ser de 29.844 y 27.028 respectivamente, mientras que para las Motocicletas fue de 18.911 kilómetros.

**Tabla 5-5 Kilometraje anualizado promedio para cada categoría de vehículo.**

Tipo de vehículo	$KM_{an}$ promedio	Percentil 25	Percentil 75	Mediana
<b>Furgón (Cap. carga menor a 1750 kg)</b>	44.756	7.239	43.416	17.893
<b>Camioneta (Cap. carga menor a 1750 kg)</b>	42.392	6.847	39.602	16.513
<b>Jeep</b>	33.899	4.479	25.842	10.759
<b>Automóvil</b>	29.844	5.272	24.055	11.176
<b>Station Wagon</b>	27.028	6.294	22.411	11.854
<b>Motocicleta</b>	18.911	1.353	13.111	4.628

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2021-2022.

Si se compara el promedio y percentil 75 para las distintas categorías, se puede ver que el percentil es menor que el promedio, por lo que resulta relevante analizar en detalle cómo es la distribución de los datos de kilometraje anualizado. La Figura 5-8 muestra histogramas para los distintos tipos de vehículos.



Nota: el eje x está cortado en 100.000 kilómetros.

**Figura 5-8 Histogramas de kilometraje anualizado para categorías de vehículo.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2021-2022.

De la Figura 5-8 se observa que, para todas las categorías con excepción de Station Wagon, el intervalo de kilometraje anualizado con mayor frecuencia de vehículos corresponde al primero, el cual agrupa los vehículos con  $KM_{an}$  menor a 2.000 km/año. Respecto a los Station Wagon, se observa que el kilometraje anualizado se concentra mayormente entre los 6.000 y 10.000

km/año. De manera general, viendo la distribución de los datos para  $KM_{an}$  se logra entender por qué el percentil 75 tiende a ser menor que el promedio, ya que, si bien la mayoría de los valores se encuentran en los primeros intervalos, existen datos de kilometraje anualizado extraordinariamente altos, los cuales estarían generando que el promedio tienda a un mayor resultado.

En la Tabla 5-6 se muestra el análisis de años de antigüedad según la categoría del vehículo. Se puede observar que para los Automóviles y Station Wagon los años de antigüedad promedio son 11 y 10 años respectivamente, mientras que para las Motocicletas el promedio es de 8 años.

**Tabla 5-6 Años de antigüedad promedio para cada categoría de vehículo.**

Tipo de vehículo	Años de antigüedad promedio	Percentil 25	Percentil 75	Mediana
Automóvil	11	7	14	10
Camioneta (Cap. carga menor a 1750 kg)	11	6	14	9
Furgón (Cap. carga menor a 1750 kg)	10	6	12	9
Jeep	16	9	23	14
Motocicleta	8	5	10	7
Station Wagon	10	6	12	9

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de PRT 2021-2022.

### 5.3 Composición vehicular de carreteras concesionadas MOP

La base de datos entregada por MOP corresponde a los flujos vehiculares de las carreteras concesionadas de la infraestructura vial urbana, compuestas por las siguientes carreteras:

1. Acceso Vial Aeropuerto Arturo Merino Benítez.
2. Américo Vespucio Oriente Tramo El Salto - Príncipe de Gales.
3. Sistema Américo Vespucio Norponiente, Av. El Salto - Ruta 78.
4. Sistema Américo Vespucio Sur, Ruta 78 - Av. Grecia.
5. Sistema Norte - Sur (Autopista Central).
6. Sistema Oriente - Poniente (Costanera Norte).
7. Variante Vespucio El Salto - Kennedy (Túnel San Cristóbal).

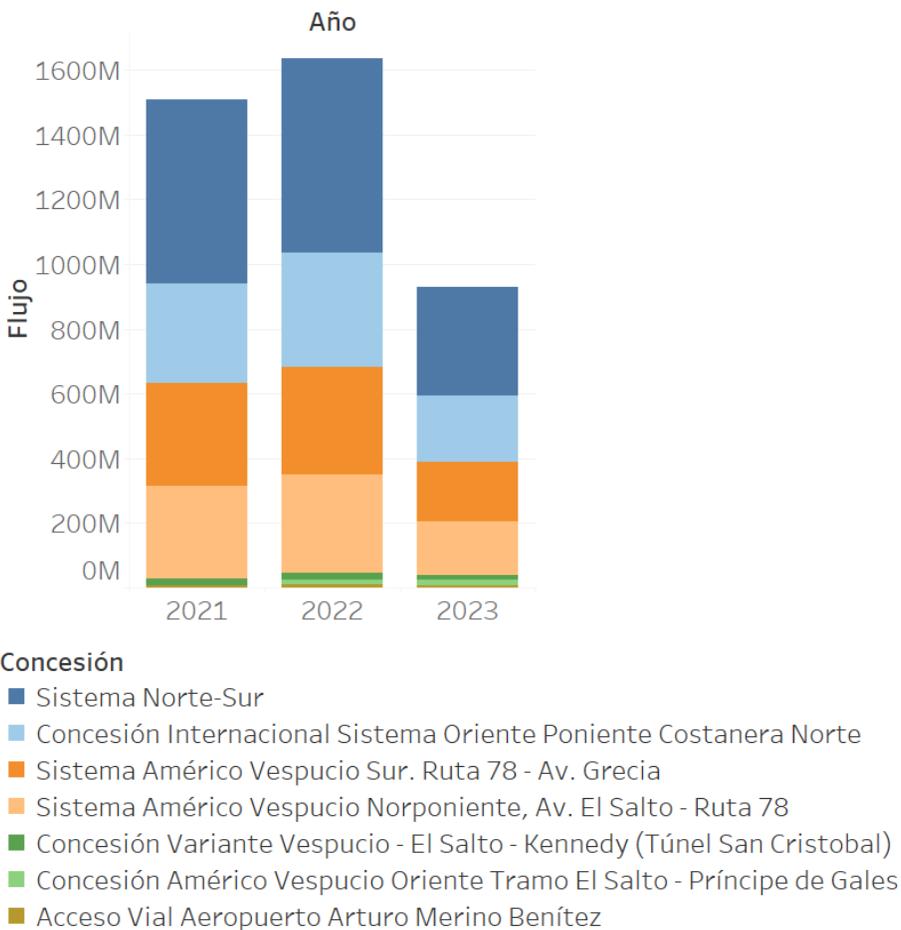
Los datos abarcan el período desde enero de 2021 hasta julio de 2023, y contienen los campos que se muestran en la Tabla 5-7.

**Tabla 5-7 Estructura de la base de datos entregada por MOP.**

Nombre del campo	Descripción
Sigla	Sigla de la concesión.
Nombre	Nombre de la concesión.
Pórtico	Identificador del pórtico junto a las calles de referencia (sector del peaje).
Agno	Año del dato de flujo.
Numero mes	Número del mes correspondiente al dato de flujo.
Mes	Nombre del mes correspondiente al dato de flujo.
Día	Día correspondiente al dato de flujo.
Rango Horario	Horario correspondiente al dato de flujo.
Categoría Vehículo	Categoría del vehículo para el dato de flujo.
Categoría Tarifa	Nombre del tipo de tarifa.
Flujo	Flujo vehicular.

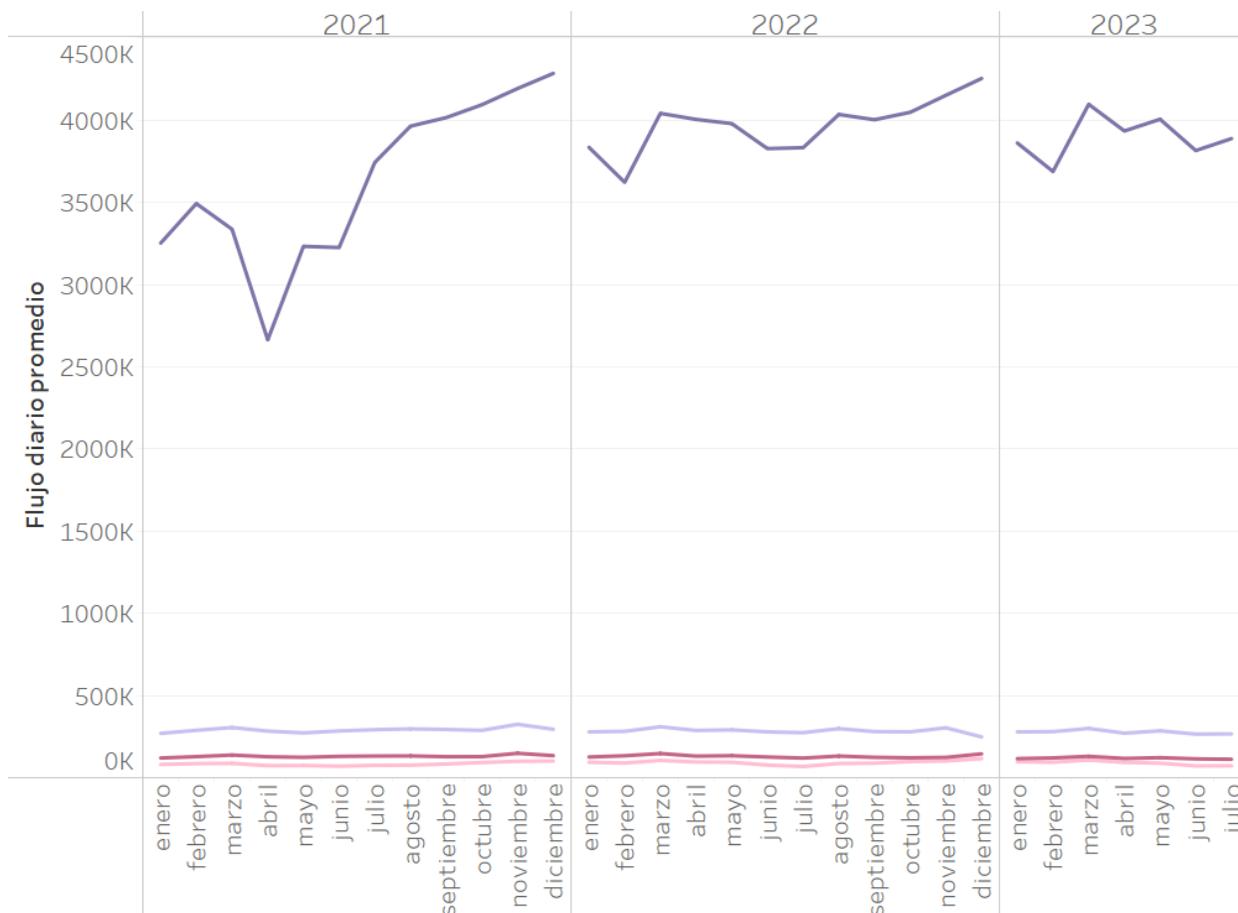
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-9 se puede observar la contribución al flujo vehicular de las distintas concesiones de carretera para cada año, siendo el Sistema Norte-Sur el que más flujo presenta, seguido por la Costanera Norte y el Sistema Américo Vespucio Sur. A partir del 2022 se incluye información para el Acceso Vial Aeropuerto Arturo Merino Benítez.



**Figura 5-9 Flujo anual diferenciado por concesión para cada año.**  
Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos 2021- julio 2023 MOP.

La Figura 5-10 muestra el promedio del flujo diario por categoría de vehículo para cada mes. Se puede observar que la categoría de “Autos y camionetas (con/sin remolque)” es la que más contribuye en promedio al flujo diario, con un comportamiento ascendente a lo largo del año a partir de abril, de manera que el promedio diario en los últimos meses es más alto que en los primeros. Las categorías vehiculares restantes presentan un flujo promedio mucho menor, por lo que no se logra realizar un análisis a partir de la escala del gráfico. Por esto, se procedió a crear un nuevo gráfico presentado en Figura 5-11, en el cual se observa de mejor manera el comportamiento para las categorías de Buses y camiones, Camiones con remolque, Motos y motonetas.



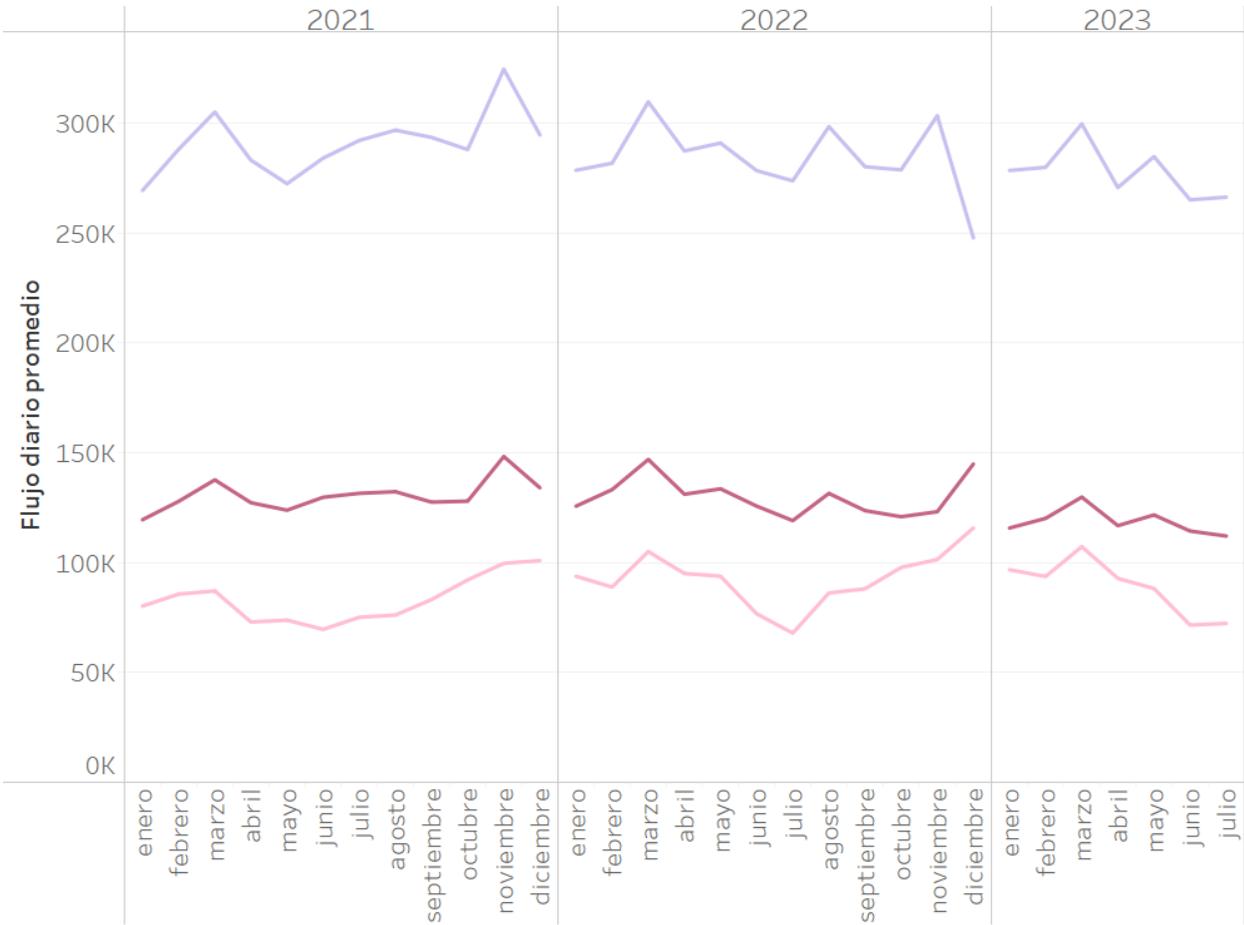
**Categoría Vehículo**

- Autos y camionetas con/sin remolque
- Buses y camiones
- Camiones con remolque
- Motos y motonetas

**Figura 5-10 Promedio del flujo diario para cada mes desagregado por categoría.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos 2021- julio 2023 MOP.

En la Figura 5-11 se puede observar que independiente de la categoría, durante el mes de marzo existe un alza del promedio del flujo diario. Para los “Buses y camiones” durante el año 2021 se puede ver una disminución del promedio en mayo, para luego alcanzar un segundo *peak* en noviembre. A partir del 2022 el promedio del flujo diario tiene un comportamiento que fluctúa entre los meses, pero se siguen observando alzas en el promedio diario para marzo y noviembre. Respecto a la categoría de “Camiones con remolque” se puede observar que el promedio del flujo diario tiende a oscilar, pero no alcanza grandes fluctuaciones. De manera general durante el año 2021 el promedio alcanzó un segundo *peak* en noviembre, mientras que para 2022 este se logró en diciembre. Para la categoría de “Motos y motonetas” se observa un aumento del promedio a partir de julio, el cual se fue dando de manera progresiva tanto para el año 2021 como 2022. En ambos años se alcanzó un segundo *peak* durante diciembre.



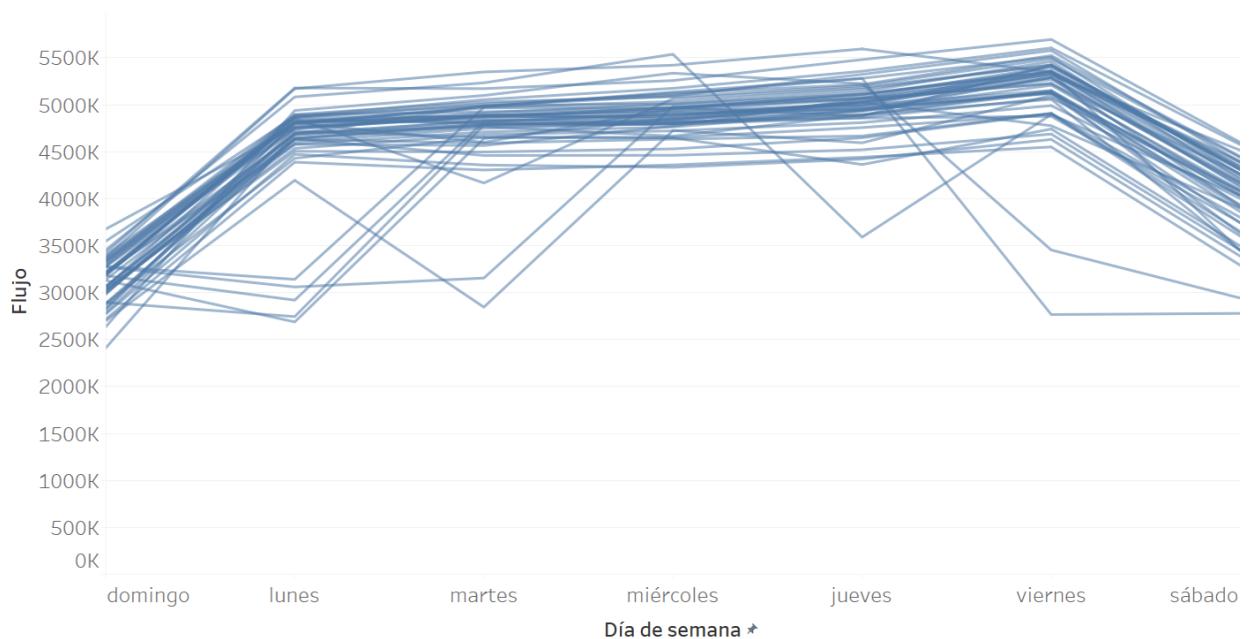
Categoría Vehículo

- Buses y camiones
- Camiones con remolque
- Motos y motonetas

Figura 5-11 Promedio del flujo diario para cada mes (sin autos y camionetas).

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos 2021- julio 2023 MOP.

Para observar el comportamiento del flujo vehicular durante la semana, se graficó la información del año 2022 en la Figura 5-12 de manera que cada línea dentro del gráfico representa una semana distinta del año. Se logra observar una tendencia ascendente del flujo a partir del lunes, alcanzando generalmente un *peak* el viernes y que comienza a disminuir durante el fin de semana, de manera que el domingo corresponde al día en que generalmente se presenta el menor flujo de vehículos en las carreteras concesionadas.

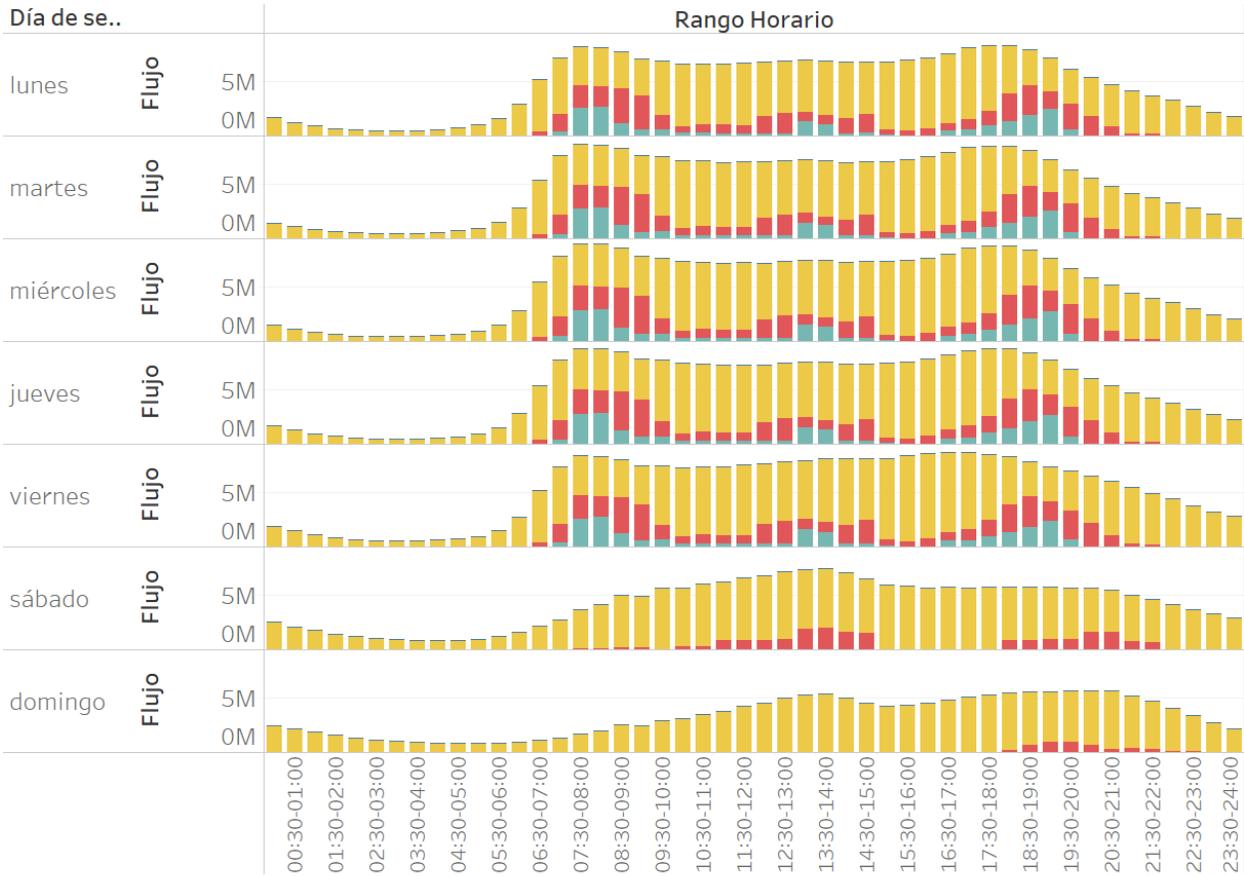


Nota: Cada línea dentro del gráfico representa una semana.

### Figura 5-12 Flujo vehicular diario según las semanas del año 2022.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos 2022 MOP.

Respecto al comportamiento horario del flujo vehicular, se consideró la información del año 2022 para graficar la Figura 5-13. En ella se muestra la suma de los flujos registrados en cada rango horario por día de la semana, diferenciado según el tipo de tarifa. Se puede observar que en los días hábiles a partir de las 5:00 am aproximadamente el flujo comienza a aumentar, alcanzando un primer *peak* entre las 7:30-8:30 de la mañana. Se presenta un segundo *peak* entre las 17:30-18:30, a excepción del viernes que se da aproximadamente entre las 16:30-17:30. Durante el fin de semana se observa un mayor flujo para el horario que coincide con el almuerzo, entre las 13:00-14:00. En particular para el domingo el flujo también es alto durante las últimas horas de la tarde, entre las 18:00-21:00 aproximadamente. Respecto a las tarifas, se observa que la de Saturación se presenta en días hábiles y suele aumentar durante los *peak* de la mañana y tarde, como también durante las horas de almuerzo. El horario punta presenta un comportamiento similar al de Saturación en los días hábiles, mientras que el fin de semana destaca un aumento durante las últimas horas de la tarde y en particular durante las horas de almuerzo para el sábado.



**Categoría Tarifa**  
 ■ Liberado vehículo emergencia  
 ■ Normal (TBFP)  
 ■ Punta (TBP)  
 ■ Saturación (TS)

**Figura 5-13 Flujo horario desglosado por día y tarifa año 2022.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos 2022 MOP.

**5.4 Modelaciones SECTRA**

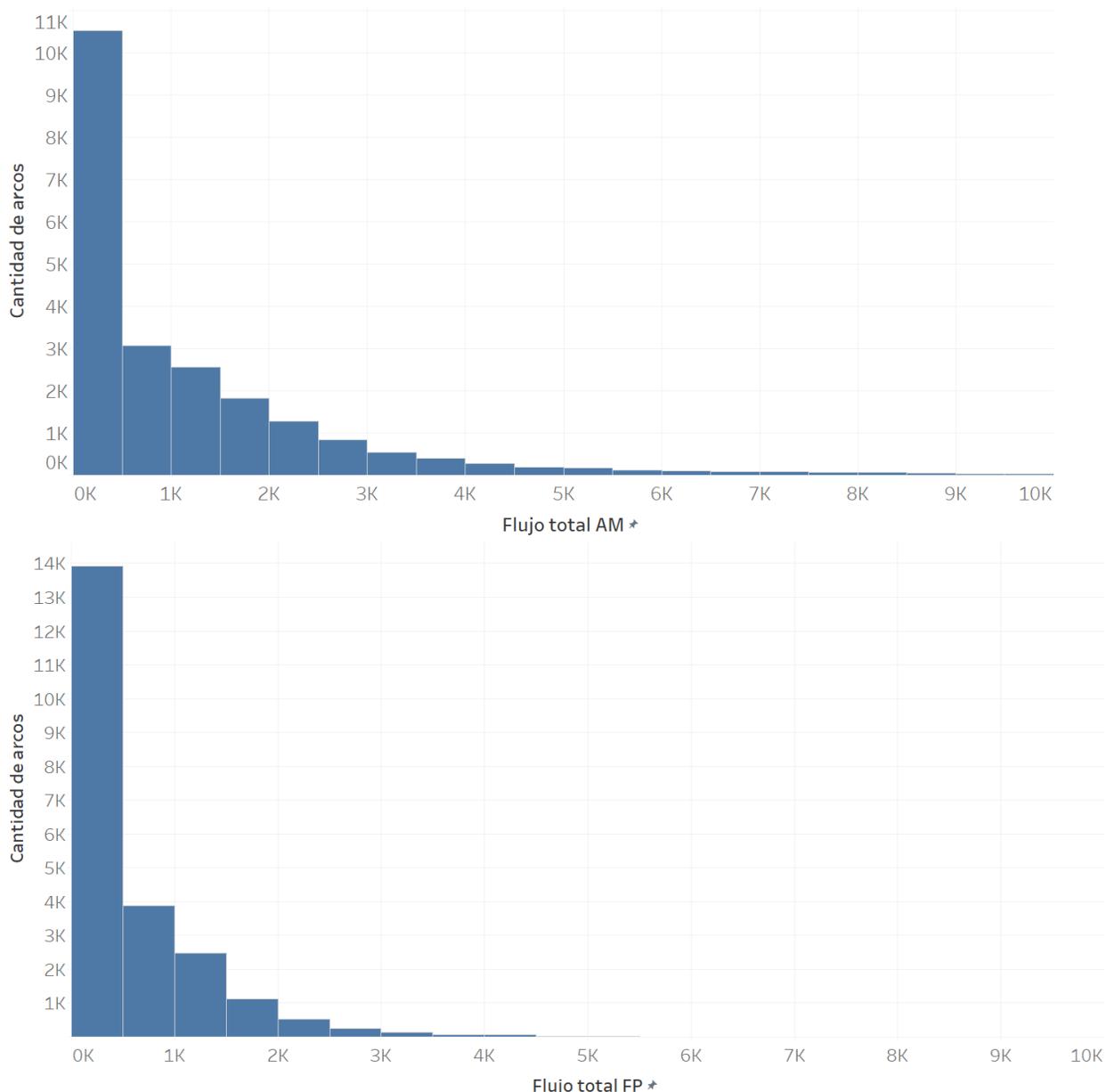
Se recibieron los flujos vehiculares para los períodos AM y FP, provenientes de las simulaciones de transporte desarrolladas por SECTRA con el modelo ESTRAUS para el año 2022. La base de datos se compone de un archivo Excel con tres hojas, una con la información en horario punta (AM), otra con el horario fuera de punta (FP) y una pestaña con información adicional respecto al significado de algunos encabezados de columnas. Las pestañas de horario AM y FP presentan los campos mostrados en la Tabla 5-8, los cuales describen un total de 22.494 arcos modelados.

Tabla 5-8 Estructura de la base de datos de entrada de emisiones.

Nombre del campo	Descripción
NA	Nodo A, correspondiente al origen
NB	Nodo B, correspondiente al destino
Nombres	Nombre del arco
T	Tipo de arco (red_vial [0] o acceso [1])
TPO_FLIBRE	Tiempo de circulación de un vehículo por el arco en condiciones de flujo libre
TPO_VAR	Tiempo de circulación de un vehículo por el arco
TPO_TOT	Tiempo total
F_FIJ	Flujo fijo en vehículos equivalentes (representa suma de todos los flujos fijos)
F_VAR	Flujo variable
F_TOT	Flujo total en vehículos equivalentes
CAP	Capacidad máxima del arco
LONG	Longitud del arco
F_BUSU	Flujo fijo de buses urbanos
C_BUSU	Campo corredor para buses urbanos ("c" para "con corredor", "s" para "sin corredor")
F_COL	Flujo fijo de taxis colectivos
F_ESTRAUS_BUS_1	Flujo fijo de bus personalizado n° 1 por el usuario (Taxi Colectivo Corredor)
C_COL	Campo corredor para colectivos
F_CAM	Flujo fijo de camiones
C_CAM	Campo corredor para camiones
V_VELL	Velocidad en el arco a flujo libre
V_VAR	Velocidad en el arco correspondiente a vehículos de flujo variable
V_CORR	Velocidad en el arco corredor (si corredor = c)
FAC_BUSU	Factor de corrección de velocidad de buses urbanos y licitados Transantiago
FAC_COL	Factor de corrección de velocidad de colectivos
FAC_ESTRAUS_BUS_1	Factor de corrección de velocidad de bus personalizado n° 1 por el usuario
FAC_CAM	Factor de corrección de velocidad de camiones
FAC_ESTRAUS_BUS_2	Factor de corrección de velocidad de bus personalizado n° 2 por el usuario
F_BUSU_160T1	Buses Transantiago, Troncal 1, 160 pasajeros
F_BUSU_90T1	Buses Transantiago, Troncal 1, 90 pasajeros
F_BUSU_160T2	Buses Transantiago, Troncal 2, 160 pasajeros
F_BUSU_90T2	Buses Transantiago, Troncal 2, 90 pasajeros
F_BUSU_160T3	Buses Transantiago, Troncal 3, 160 pasajeros
F_BUSU_90T3	Buses Transantiago, Troncal 3, 90 pasajeros
F_BUSU_160T4	Buses Transantiago, Troncal 4, 160 pasajeros
F_BUSU_90T4	Buses Transantiago, Troncal 4, 90 pasajeros
F_BUSU_90T5	Buses Transantiago, Troncal 5, 90 pasajeros
F_BUSU_160T5	Buses Transantiago, Troncal 5, 160 pasajeros
F_ESTRAUS_BUS_2	Flujo fijo de bus personalizado n° 2 por el usuario (Buses Grecia eléctrico)
F_BUSU_75A1	Buses Transantiago, Alimentador 1
CAT	Categoría del arco
ALPHA	Parámetro alfa de la BPR para obtener la velocidad variable
EXP	Parámetro beta de la BPR para obtener la velocidad variable
VEQ_BUSU	Vehículos equivalentes buses urbanos de 75 a 90 pasajeros
VEQ_COL	Vehículos equivalentes colectivos
VEQ_ESTRAUS_BUS_1	Bus equivalente personalizado n° 1 por el usuario
VEQ_CAM	Vehículos equivalentes camiones
VEQ_ESTRAUS_BUS_2	Bus equivalente personalizado n° 2 por el usuario
VEQ_BUSU160	Vehículos equivalentes buses 160 pasajeros

Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de los 22.494 arcos se modeló un flujo total de vehículos que pasa por él. En la Figura 5-14 se muestra el histograma con los flujos totales de los arcos, tanto para el horario AM como FP. Se observa que durante el horario AM más de 10.000 arcos presentan un flujo total de hasta 500 vehículos, mientras que durante el horario FP esa cifra se eleva a 14.000 arcos aproximadamente. Alrededor del 60% de los arcos AM tienen un flujo total menor a 1.000 vehículos, mientras que ese porcentaje se eleva a 79% durante el horario FP.



Nota: el eje x fue cortado en 10.000.

**Figura 5-14 Histograma del flujo total por arco.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

La Tabla 5-9 muestra los flujos promedios por arco durante los horarios AM y FP para los distintos vehículos modelados. Se puede observar que el flujo promedio para vehículos particulares es mucho mayor que para las demás categorías modeladas en el arco, independiente del horario, aunque durante FP el flujo promedio se reduce un poco más de la mitad. Durante el horario AM, los taxis colectivos ocupan el segundo lugar respecto al flujo promedio, seguido por los buses urbanos y camiones. Esta situación cambia durante el horario FP, principalmente por que el flujo promedio de camiones aumenta alrededor de cuatro veces, superando a los buses urbanos y taxis colectivos. Respecto a estos últimos, durante FP el flujo promedio de buses urbanos disminuye, mientras que para taxis colectivos no hay una variación significativa del promedio.

**Tabla 5-9 Flujo total y promedio para vehículos modelados.**

	Flujo promedio arco AM	Flujo promedio arco FP
<b>Buses de transporte público</b>	11,2	7,9
<b>Camiones<sup>3</sup></b>	6,2	25,5
<b>Taxis colectivos</b>	22,5	22,6
<b>Vehículos particulares<sup>4</sup></b>	1.172	510,8

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

La Tabla 5-10 muestra los promedios de las velocidades en el arco, representadas a partir de las columnas V\_VELL, V\_VAR y V\_CORR en la base de datos. La velocidad promedio del arco a flujo

<sup>3</sup> Considera camiones livianos, medianos y pesados que realizan transporte de carga.

<sup>4</sup> Considera automóviles, motocicletas y comerciales de uso particular.

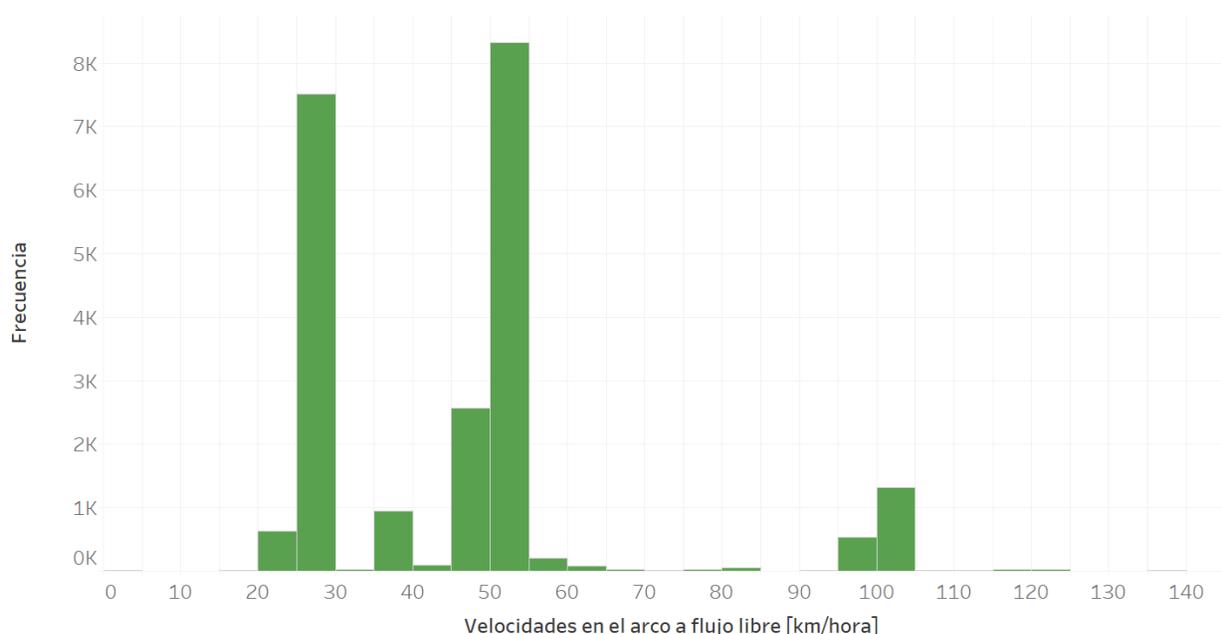
libre representa el promedio de las velocidades de los vehículos durante el horario nocturno, por lo que no depende del período de modelación (AM y FP). Se observa que ésta obtiene el mayor promedio, con 45 km/hora. La velocidad promedio del arco en horario AM es de 27 km/hora, aumentando a 38 km/hora durante el horario FP, mientras que la velocidad en el arco corredor promedia 22 km/hora para ambos horarios.

**Tabla 5-10 Promedio de velocidades modeladas.**

	Velocidad promedio [km/hora]
Arco a flujo libre	45
Arco en horario AM	27,33
Arco en horario FP	37,78
Arco corredor <sup>5</sup> en horario AM	22,26
Arco corredor en horario FP	22,24

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

En la Figura 5-15 se observa un histograma generado con las velocidades a flujo libre que presentan los arcos, para los cuales se observa que una gran cantidad de ellos tienen velocidades modeladas dentro de los intervalos de 25-30 km/hora y 50-55 km/hora.

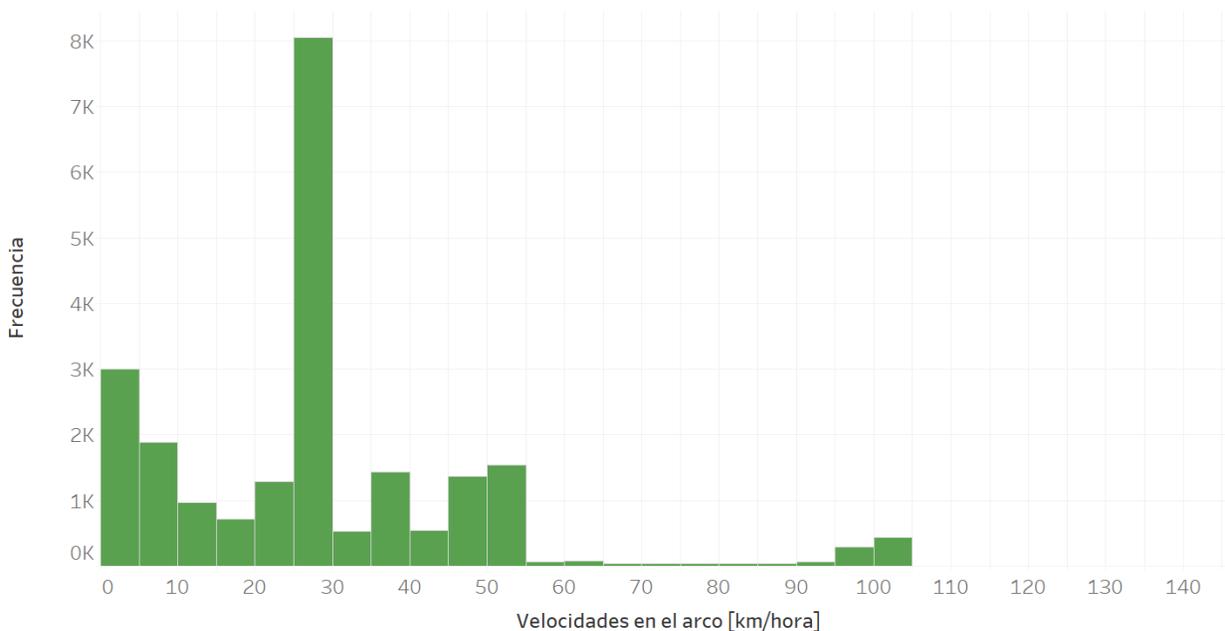


**Figura 5-15 Histograma de las velocidades en el arco para flujo libre.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

En la Figura 5-16 se puede ver un histograma con las velocidades modeladas para los 22.494 arcos viales. Se puede observar que para una gran cantidad de arcos la modelación de velocidades se encuentra en un rango de 25-30 km/hora.

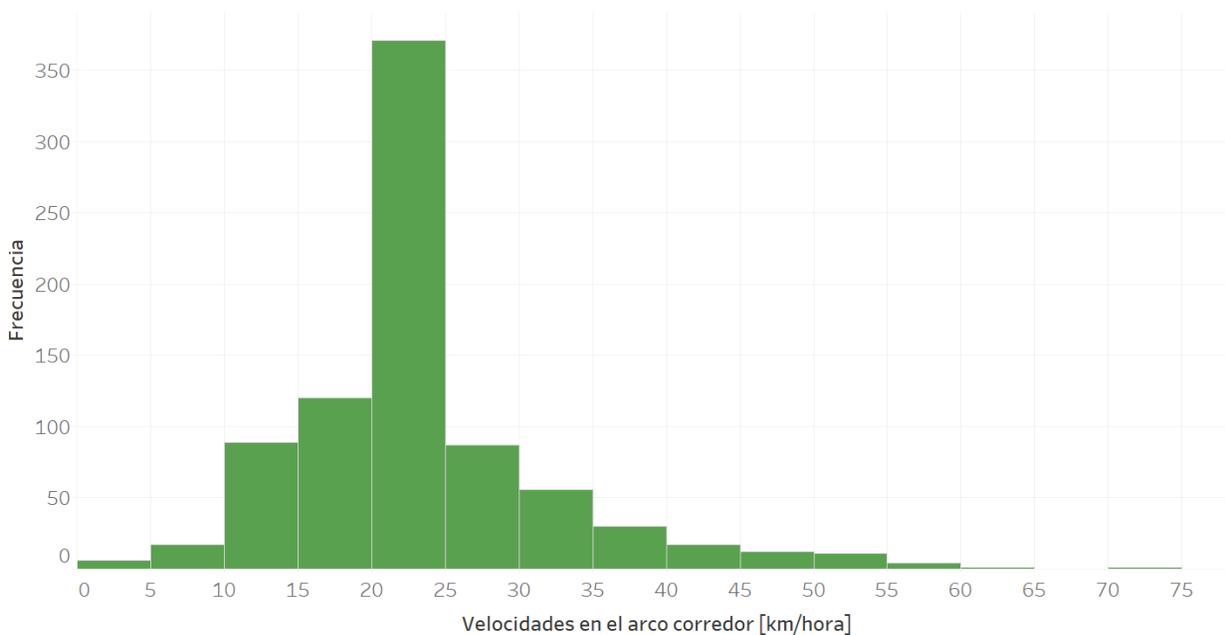
<sup>5</sup> Cuando C\_COL o C\_BUSU son iguales a "c".



**Figura 5-16 Histograma de las velocidades en el arco.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

En la Figura 5-17 se muestra un histograma con las velocidades en el arco corredor, en los casos en que el arco presenta corredores de transporte público (buses, taxis y taxis colectivos). Se puede ver que el intervalo de velocidad de 20-25 km/hora es el que concentra la mayor cantidad de arcos corredores modelados.



**Figura 5-17 Histograma de las velocidades en el arco corredor.**

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de flujos modelados por SECTRA.

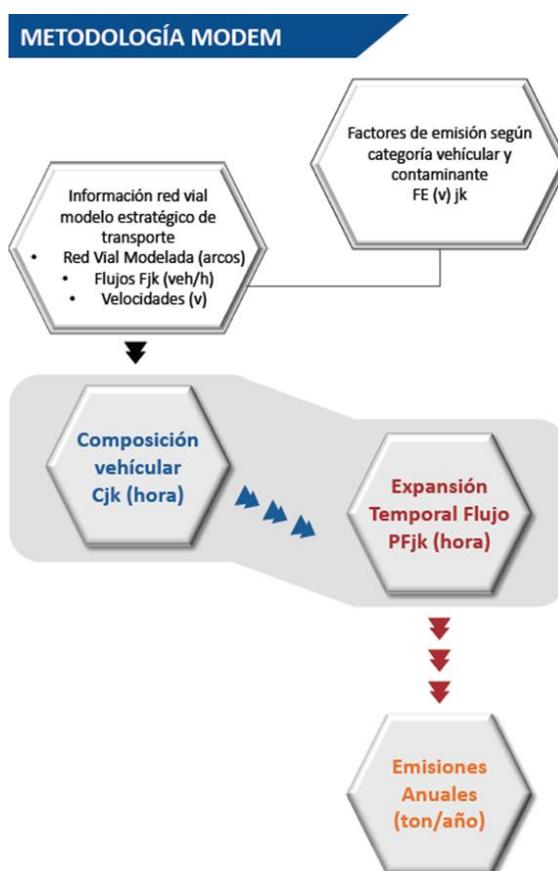
## 6. Metodología

En esta sección se presenta el enfoque metodológico el cual está compuesto por dos planteamientos, el primero corresponde para todas las categorías vehiculares menos “motos y bicimotos”, para la cual se detalla su metodología propia en el punto 7.1.

### 6.1 Transporte en ruta

Para la estimación de las emisiones atmosféricas por transporte en ruta de vías principales se utilizó MODEM 6.0, un modelo de emisiones vehiculares de fuentes móviles cuya metodología se compone del uso de factores de emisión (FE) y niveles de actividad. Esta última información se obtiene a partir de la composición del parque vehicular y composición tecnológica, además de flujos vehiculares modelados por SECTRA y de perfiles temporales (ver Figura 6-1). El programa estima las emisiones a través de dos enfoques:

- Metodología tipo arco: se estiman las emisiones a nivel de arco de la red vial (caracterizado por un nodo de inicio y un nodo de término) por tipo de vehículo.
- Metodología tipo zona: se estiman las emisiones a nivel de una zona geográfica, principalmente comuna, en el cual las emisiones presentan un grado de agregación mayor que en la metodología tipo arco.



**Figura 6-1 Esquema metodología MODEM.**

Fuente: SECTRA (<https://www.sectra.gob.cl/metodologias/modem.htm> - consultado en septiembre, 2023)

Las emisiones pueden ser liberadas de distinta forma en la atmósfera, por lo que MODEM considera distintos tipos de descarga en la estimación de emisiones:

1. Partidas en frío: emisiones por la combustión en el motor cuando este se encuentra en frío y comienza su funcionamiento (aún no alcanza una temperatura estable).
2. Tubo de escape: son emisiones producidas por la combustión en el motor cuando este se encuentra a una temperatura estable, después de un tiempo de iniciado su funcionamiento.

3. Desgaste de frenos y neumáticos: emisiones ocasionadas por el desgaste de los frenos cuando los vehículos se detienen y por el desgaste de los neumáticos en el pavimento.
4. Emisiones evaporativas: corresponden a las emisiones de COV producto de la evaporación del combustible presente en los vehículos (detenciones en caliente, durante el recorrido y durante el día cuando no se encuentra en movimiento).
5. Emisiones de polvo resuspendido por el paso de los vehículos: causadas por la resuspensión del polvo existente sobre el pavimento.

Las emisiones atmosféricas son estimadas en base a la Ecuación 3.

### Ecuación 3 Cálculo de emisiones móviles en ruta

$$E_{Totales} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ Frio} + E_{Evaporativas} + E_{Polvo} + E_{Desgastes}$$

La Tabla 6-1 recopila los contaminantes que pueden ser estimados por la metodología de MODEM.

**Tabla 6-1 Contaminantes estimados por MODEM.**

Nombre	Abreviatura
Amoníaco	NH3
Mercurio	Hg
Metano	CH4
Monóxido de Carbono	CO
Dióxido de Azufre	SO2
Dióxido de Carbono	CO2
Compuestos Orgánicos Volátiles	VOC
Partículas Totales Suspendedas	PTS
Dióxido de Nitrógeno	N2O
Óxidos de Nitrógeno	NOx
Material Particulado inferior a 10 micrones	MP10
Material Particulado inferior a 2,5 micrones	MP2.5
Dioxinas	DLCs
Carbono elemental	CE
Dióxido de Carbono Equivalente	CO2eq

Fuente: Elaboración propia a partir del manual de usuario MODEM.

Los factores de emisión cargados en MODEM corresponden a los del modelo europeo COPERT v5.6, mientras que para el polvo resuspendido se utiliza el de AP-42 de la EPA. Además, el programa permite realizar correcciones a los factores de emisión por kilometraje acumulado del vehículo y/o tecnología, a partir del uso de factores de deterioro.

## 6.2 Ajuste autopistas concesionadas

Como se mencionó anteriormente, SECTRA proporcionó información de flujos vehiculares provenientes de simulaciones de transporte realizadas en ESTRAUS. Por otro lado, el Ministerio de Obras Públicas entregó flujos de las autopistas urbanas concesionadas, lo que sirve como un referente de información real para los arcos de autopista que fueron modelados. De esta manera, se realizó un ajuste a la base de datos de los flujos modelados con observaciones reales, reemplazando la información de flujo en los arcos de autopista y permitiendo una mejor estimación de las emisiones atmosféricas.

El ajuste se realizó por medio del programa QGIS, donde se creó una capa vectorial a partir de la unión de los shapefile de arcos de acceso y de vialidad, y con los pódicos de las autopistas concesionadas georeferenciados (latitud y longitud)<sup>6</sup>. Se creó un atributo "ID\_ARCO" para cada arco, el cual correspondía a la concatenación del nodo origen con su nodo destino, separado por un guion<sup>7</sup>. Luego, se utilizó la herramienta de procesos "Unir atributos por proximidad" entre el shapefile de arcos y los pódicos de autopistas, de manera que se identificara el arco más cercano

<sup>6</sup> Solicitado a la Dirección General de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

<sup>7</sup> Por ejemplo: si el nodo de origen es "230" y el nodo destino "450", el id del arco sería "230-450".

a cada pórtico, y se asignara el "ID\_ARCO" al pórtico. Se revis  manualmente que el resultado del proceso asignó correctamente cada pórtico con el arco más cercano, y que cada arco fuera exclusivo para un solo pórtico, lo que derivó en algunos cambios manuales a la asignación del algoritmo. Se guard  la capa resultante en un archivo Excel, donde para cada pórtico se tenía un ID\_ARCO. A continuación, se agregaron columnas de "F\_VAR", "F\_BUSU" y "F\_CAM", que representarían los campos de la Tabla 5-8, pero los valores para dichas columnas se asignaron a partir de lo calculado en el párrafo siguiente.

Se obtuvo el flujo promedio por categoría de vehículo para cada pórtico de las autopistas concesionadas, tanto en el horario AM (8:00 – 9:00 hrs) como para el horario FP (10:00-11:00 hrs). De esta manera, para cada pórtico en cada horario se obtuvo el promedio de:

1. Autos y Camionetas.
2. Motos y Motonetas.
3. Buses y Camiones.
4. Camiones con remolque.

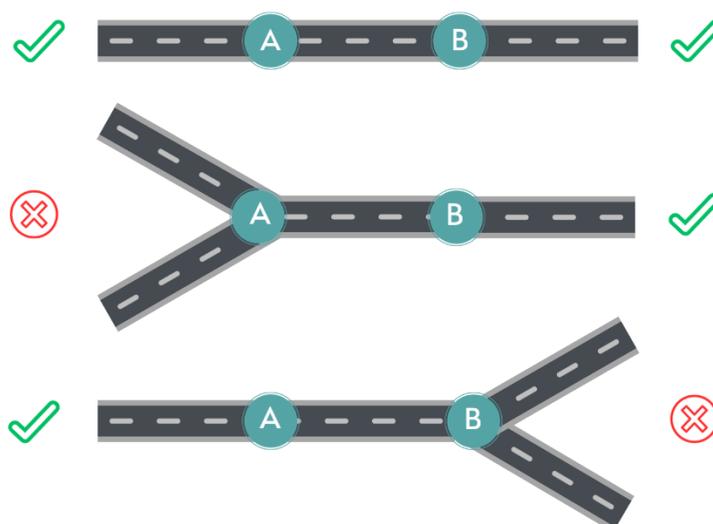
A continuación, se estimó que la suma de "Autos y camionetas" con "Motos y Motonetas" correspondería al valor de "F\_VAR", "Buses y camiones" correspondería a "F\_BUSU" y "Camiones con remolque" a "F\_CAM". El detalle de la estructura del Excel creado con el ajuste de flujos para los pórticos asociados a un arco se puede apreciar en la Tabla 6-2. De esta manera, se pudo reemplazar el flujo modelado por ESTR AUS con información real obtenida de las autopistas para un total de 100 arcos.

**Tabla 6-2 Estructura del Excel creado con el ajuste de flujos.**

Nombre del campo	Descripción
Pórtico	Nombre del pórtico
F_VAR	Suma de autos, camionetas, motos y motonetas.
F_BUSU	Suma de buses y camiones.
F_CAM	Suma de camiones con remolque.
ID_ARCO	Concatenación del nodo origen con su nodo destino.
NODOA	Nodo origen.
NODOB	Nodo destino.

Fuente: Elaboración propia

Se consideró que el flujo ajustado en los 100 arcos mencionados anteriormente podría asignarse también a sus arcos adyacentes, en aquellos casos en que el nodo origen (A) o nodo destino (B) fuera compartido por un solo arco más (ver Figura 6-2). De esta manera, se logró ajustar con un flujo real a 41 arcos más.



**Figura 6-2 Arcos adyacentes válidos para reemplazo de flujo.**

Fuente: Elaboración propia.

Como en la base de datos de las autopistas concesionadas no se contaba con información de taxis y taxis colectivos, para ajustar la columna F\_COL (ver Tabla 5-8) se buscó la proporción que existía

originalmente entre F\_VAR y F\_COL en los flujos modelados, de manera que se pudiera estimar este último a partir del valor ajustado para F\_VAR. Para entender de mejor manera este cálculo, ver la Ecuación 4. Con todo esto, se reemplazaron los datos de un total de 141 arcos ajustados en el archivo original de entrada de emisiones de flujos modelados.

**Ecuación 4 Estimación para flujo de taxis colectivos.**

$$F_{COL\_ajustado} = F_{VAR\_ajustado} * \left( \frac{F_{COL\_Estraus}}{F_{VAR\_Estraus}} \right)$$

### 6.3 Metodología tipo arco

Como se mencionó anteriormente, en esta metodología se estiman emisiones a nivel de arco de la red vial, el cual se describe a partir de un nodo de inicio y un nodo de término. Requiere información de los flujos vehiculares (modelación de transporte), composiciones vehiculares y tecnológicas, perfiles semanales y mensuales, shapefile de zonas, shapefile de vialidad y shapefile de arcos de acceso.

A continuación, se presentan los principales parámetros que fueron ingresados en MODEM para la correcta estimación de las emisiones a partir de la metodología tipo arco:

#### 6.3.1 Flujos vehiculares

La información de corridas de transporte modeladas con ESTRAUS fue detallada y caracterizada en la sección 5.4, la cual se ajustó con datos reales de autopistas dentro de la sección 6.2. Para procesar correctamente los flujos vehiculares dentro del funcionamiento de MODEM, se debió separar en dos nuevos archivos de formato Excel la información contenida en las pestañas AM y FP, teniendo precaución que no queden columnas o filas con información en “blanco” debido a que generan un error cuando son detectadas por MODEM.

Dentro del asistente de ingreso de datos para la metodología tipo arco del programa, se debe realizar una homologación de CCF6 con Categorías ESTRAUS, para lo cual se utilizó un diccionario que se puede encontrar en el Anexos (ver Sección 11.1). Es relevante mencionar que en la homologación no se consideraron buses interurbanos debido a que dentro de las categorías ESTRAUS no se presentaba una distinción para este tipo de vehículos, por lo que se consideró que F\_BUSU correspondía en su totalidad a buses urbanos.

#### 6.3.2 Perfiles temporales y composición del parque vehicular

El programa requiere información correspondiente a la Composición vehicular (CCF6), Perfiles Horarios Semanales CCF8 y Perfiles Mensuales CCF6, de manera que pueda diferenciar los flujos de vehículos de forma horaria para cada arco en cada zona. Esto permite la distinción entre horario punta y fuera de punta, días de semana y fin de semana, y los meses en que las personas se toman vacaciones. Para este estudio se utilizaron los archivos de composiciones CCF6, perfiles semanales y perfiles mensuales proporcionados por SECTRA, que obtiene esta información a través de distintas campañas de conteo vehicular de flujo continuo. Debido al alto costo asociado a estas campañas, no es posible tener información actualizada para cada año, por lo que se utilizan los perfiles del último año en que se realizó la medición.

#### 6.3.3 Composición tecnológica

La información correspondiente a la Composición Tecnológica (CCF8) se generó utilizando el programa Analytica a partir de las bases de datos de PRT. Dado que el parque vehicular se trabaja bajo la clasificación tecnológica CCF8 dentro de MODEM, en Anexos (ver Sección 11.2) se presentan los diccionarios utilizados para homologar las clasificaciones de las plantas de revisión técnica con las categorías identificadas en CCF8. Cabe destacar que durante la creación de la composición tecnológica se detectaron nuevas categorías de vehículos que no tenían un CCF8 asignado, para las cuales se realizó una asignación manual en base a la disponibilidad de

clasificación CCF8 que presenta MODEM. Las nuevas categorías se pueden encontrar en Anexos (ver Sección 11.3).

Para el correcto ingreso a MODEM del archivo de composiciones tecnológicas, este debe estar estructurado de manera que la primera columna especifique los CCF8 y en las columnas siguientes se encuentren los valores de las distribuciones porcentuales obtenidas para cada zona de la ciudad. Se asumió el supuesto que las distribuciones del parque vehicular son iguales para todas las zonas de una misma ciudad, ya que se tomó como supuesto que los vehículos no circulan exclusivamente en la zona en que sacaron su revisión técnica. La Tabla 6-3 muestra la estructura del archivo de composiciones tecnológicas, el cual fue complementado con la información entregada por MTT respecto a la flota tecnológica de buses urbanos 2022, que se desagrega en buses articulados y rígidos. Es relevante mencionar que la suma de los valores asociados a los CCF8 de cada CCF6 debe ser igual a 0 o 1, de lo contrario, el programa arrojará error.

**Tabla 6-3 Estructura del archivo de composición tecnológica.**

Nombre del campo	Descripción
CCF8_COD	Código CCF8 de categoría tecnológica
Z1	Composición tecnológica en la zona 1
Z2	Composición tecnológica en la zona 2
...	
Z12	Composición tecnológica en la zona 12

Fuente: Elaboración propia

En Anexos (ver Sección 11.4) se puede encontrar una comparación de la composición tecnológica con el año 2021, el cual fue obtenido a partir del estudio *“Estimación de emisiones de fuentes difusas para la generación del décimo sexto informe consolidado de emisiones y transferencias de contaminantes del RETC”* (GreenLab Dictuc, 2022).

#### 6.3.4 Archivos de shapefile

Las coordenadas de los arcos presentados en el archivo de flujos vehiculares se obtienen directamente de los shapefile de arcos de acceso y los shapefile de vialidad (red vial estructurante), los cuales se ingresan para cada uno de los horarios de modelación (AM y FP). Además, para obtener la información por zonas se debe ingresar un shapefile de zonas, el cual se carga en conjunto a los perfiles semanales, perfiles mensuales, las composiciones vehiculares y tecnológicas.

### 6.4 Metodología tipo zona

En esta metodología se calculan las emisiones provenientes de partidas en frío y emisiones evaporativas. Se diferencia de la metodología tipo arco en que los vehículos generan emisiones atmosféricas mientras están detenidos o cuando recién comienzan a funcionar, por lo que al momento de entrar a un arco estas emisiones no están consideradas.

A continuación, se presentan los principales parámetros que fueron ingresados en MODEM para la correcta estimación de las emisiones a partir de la metodología tipo zona:

#### 6.4.1 Parque vehicular

Se debe ingresar el parque vehicular INE dado a partir de los permisos de circulación, con los cuales se deberá homologar de forma manual los subtipos del INE hacia clasificaciones CCF6 de MODEM. El diccionario utilizado en la homologación se presenta en la Tabla 6-4, donde los campos en blanco no tienen CCF6 cargados dentro del programa, ya que corresponden a vehículos fuera de ruta.

Tabla 6-4 Diccionario subtipo INE a código CCF6 MODEM.

Código INE	Código MODEM
Automóvil, Station Wagon <sup>8</sup> y Todo Terreno <sup>9</sup>	Particulares
Taxi básico	Alquiler
Taxi turismo	Alquiler
Furgón <sup>10</sup>	Comerciales uso particular
Camioneta	Comerciales uso particular
Minibús	Comerciales uso particular
Minibús, Transporte colectivo <sup>11</sup>	Comerciales uso particular
Camión simple	Camiones livianos
Remolque y semirremolque	Camiones livianos
Motocicleta y similares	Motocicletas
Taxi colectivo	Taxis colectivos
Bus transporte colectivo <sup>12</sup>	Buses urbanos
Tractocamión	Camiones pesados
Tractor agrícola	
Otros con motor <sup>13</sup>	
Otros sin motor <sup>14</sup>	

Fuente: Elaboración propia.

El archivo ingresado de parque vehicular INE debe estar en formato Excel, en el cual la primera columna distingue los sectores (zonas) y las siguientes columnas muestran las categorías vehiculares INE con la cantidad de vehículos correspondientes (ver Tabla 6-5).

Tabla 6-5 Estructura del archivo de parque vehicular INE.

Campo	Descripción
COM_COD	Código de comuna
Nombre del tipo de vehículo 1	Cantidad del vehículo 1 en la comuna
Nombre del tipo de vehículo 2	Cantidad del vehículo 2 en la comuna
...	
Nombre del tipo de vehículo n	Cantidad del vehículo n en la comuna

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.2 Matriz EOD y shapefile de sectores.

Para el cálculo de las emisiones se debe ingresar una matriz de desplazamiento, obtenida a través de la Encuesta Origen Destino (EOD), que se encuentra a nivel de sectores. Se trata de un archivo de datos en Excel donde tanto las filas como las columnas son sectores y cada casilla muestra los porcentajes de cómo se desplazan los vehículos de un sector a otro. El archivo de la matriz EOD debe ser ingresado en conjunto con un shapefile de sectores, ambos proporcionados por SECTRA.

### 6.5 Meteorología

Dentro de las variables necesarias para el cálculo de emisiones de algunos tipos de descarga, se encuentran variables meteorológicas como la temperatura y días de lluvia. De particular interés son los días con precipitaciones mayores a 0,25 mm, como también las temperaturas máximas y mínimas para cada mes. Para esto, se ingresó un Excel con la información meteorológica de la Región Metropolitana (pluvial anual, temperaturas anuales: T<sup>a</sup> máx., T<sup>a</sup> mín. y T<sup>a</sup>) obtenida por la Dirección Meteorológica de Chile y proporcionada por SECTRA.

<sup>8</sup> Incluye carrozas fúnebres.

<sup>9</sup> Incluye vehículos todo terreno tipo jeep.

<sup>10</sup> Incluye carrozas fúnebres y ambulancias.

<sup>11</sup> Incluye minibús privado remunerado, turismo, escolar, trabajadores y otros.

<sup>12</sup> Incluye taxibús, bus escolar, bus de trabajadores y otros.

<sup>13</sup> Incluye casa rodante automotriz, camiones y maquinarias automotrices especializadas, entre otros.

<sup>14</sup> Incluye casa rodante (hasta 1.750 kg), carro de arrastre (hasta 1.750 kg) y otros.

## 6.6 Motos y bicimotos

Se consideró que para el subsector de motos y bicimotos se debían estimar las emisiones con una metodología distinta, la cual se explica en detalle dentro de la sección 7.1. Lo anterior se fundamenta principalmente en que ciertos parámetros cargados dentro de MODEM se actualizaron por última vez con el estudio "*Actualización de perfiles de flujos del modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones*" (Dictuc, 2016), en el cual la información levantada para la elaboración de los parámetros corresponde a campañas de mediciones realizadas en el año 2015. Considerando lo anterior, y que la cantidad de vehículos para esta categoría ha ido en aumento a partir de esa época, se consideró pertinente estimar las emisiones con una metodología diferente con el fin de obtener resultados atinentes a la situación actual. Por otro lado, debido a que existen bicicletas modificadas a las cuales se les incorpora un motor de combustión y aportan en las emisiones atmosféricas, se consideró relevante incluirlas en el inventario, especialmente debido al aumento que estas han tenido durante los últimos años a partir de las aplicaciones de *delivery*.

## 7. Subsector “motos y bicimotos”

Como se explicó en la sección anterior, se realizará una estimación de emisiones con un método distinto para el subsector “motos y bicimotos”. En esta sección se profundiza en las categorías a utilizar, los FE y la metodología de obtención de información en terreno para las bicimotos.

### 7.1 Metodología de estimación

La metodología utilizada para la subcategoría de “Motos y bicimotos” será la de EMEP Tier 2 que se basa en los kilómetros recorridos por las distintas tecnologías de vehículos. Esta metodología considera información del parque vehicular, el nivel de actividad de las distintas categorías de vehículos y el nivel tecnológico de estos (ver Ecuación 5).

#### Ecuación 5 Estimación de emisiones con método Tier 2.

$$E_i = \sum_j \sum_k (N_{j,k} * M_{j,k} * EF_{i,j,k})$$

Donde:

$E_i$ : Emisión del contaminante i [g].

$N_{j,k}$ : Número de vehículos en el parque de la categoría j, con la tecnología k.

$M_{j,k}$ : Distancia anual promedio recorrida por los vehículos de la categoría j, con tecnología k.

$EF_{i,j,k}$ : Factor de emisión del contaminante i, para la categoría de vehículo j, con tecnología k.

Las fuentes de información utilizadas en la metodología se muestran en la Tabla 7-1.

**Tabla 7-1 Fuentes de información para los parámetros de la Ecuación 5.**

Información	Fuentes
Parque vehicular	Parque vehicular INE
	Fiscalización de bicimotos
Distancias medias	Plantas de revisión técnica
	Encuesta
Factores de emisión	COPERT v5.7 (por categoría de vehículo y tipo de tecnología) <sup>15</sup>

Fuente: Elaboración propia.

La distancia anual promedio recorrida por los vehículos de categoría motos fue estimada con anterioridad en la sección 5.2 y presentada en la Tabla 5-5, mientras que para las bicimotos se estima dentro de la sección 7.5 a partir de la información obtenida en terreno.

Para la obtención del número de vehículos en los parques correspondientes a cada categoría se utilizó información obtenida de la base de datos de fiscalización y control de motos 2023, preparado por el Programa de Fiscalización Nacional (PFN) y facilitado por el MTT, el cual incluye dentro de las estadísticas al subsector de bicimotos.

Se contabilizaron las motocicletas registradas en la base de datos del INE para la Región Metropolitana, caracterizada en la sección 5.1, obteniendo un total de 127.281 vehículos<sup>16</sup>. Considerando que el valor anterior se obtiene a partir de los registros de pagos de permisos de circulación y que en la realidad circulan vehículos sin dicho permiso, es que se decidió hacer un ajuste al parque de motos considerando los datos de fiscalización de estos vehículos que no portaban un permiso de circulación vigente. De esta manera, se calculó que un 3% de las motos fiscalizadas circulaban sin permiso de circulación y, por ende, el parque ajustado para las motocicletas resultó de 131.328 vehículos.

Para estimar la composición tecnológica de las motos, se cruzó la información de los permisos de circulación con la nómina de vehículos homologados que realiza el MTT a través del 3CV<sup>17</sup>, donde para cada modelo se sabe la norma y cilindrada que tiene. Dado que no es posible unir

<sup>15</sup> Más detalle en la sección 7.3 Factores de emisión.

<sup>16</sup> Se consideraron solo motocicletas con motor de bencina.

<sup>17</sup> La nómina considera el análisis técnico de los vehículos que pretenden comercializarse dentro del país e incluye las principales especificaciones de cada modelo, entre ellas el cumplimiento de la normativa de niveles de emisión.

perfectamente el modelo declarado en los permisos de circulación con los de 3CV (el primero tiene menor detalle en el campo modelo que el segundo), solo se le asignó una norma específica a un modelo de los permisos de circulación si sus variantes en 3CV tienen un solo tipo de norma<sup>18</sup>. De esta manera, se pudo asignar norma y cilindrada promedio a 42.195 vehículos del parque INE, obteniendo el porcentaje que representaría cada tecnología de motocicleta dentro del total del parque vehicular. Por último, este porcentaje se aplica al parque total ajustado, lo cual se presenta en la Tabla 7-2.

**Tabla 7-2 Composición tecnológica de motocicletas.**

Tipo	Norma	Composición %	Parque INE ajuste real
Moto de 4 tiempos con motor < 250 cc	Convencional	0,00%	0,00
	Euro 1	6,31%	8.287
	Euro 2	0,00%	0,00
	Euro 3	44,05%	57.850
	Euro 4	1,29%	1.690
	Euro 5	3,10%	4.068
Moto de 4 tiempos con motor 250 - 750 cc	Convencional	0,00%	0,00
	Euro 1	8,05%	10.577
	Euro 2	0,00%	0,00
	Euro 3	26,55%	34.862
	Euro 4	1,60%	2.098
	Euro 5	0,80%	1.055
Moto de 4 tiempos con motor > 750 cc	Convencional	0,00%	0,00
	Euro 1	2,27%	2.984
	Euro 2	0,00%	0,00
	Euro 3	5,65%	7.417
	Euro 4	0,02%	28
	Euro 5	0,31%	412

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención del parque de bicimotos se estimó la relación entre la cantidad de bicimotos fiscalizadas con la cantidad de motocicletas fiscalizadas dentro del mismo periodo, obteniendo un factor que se multiplicó al parque de motos ajustado que se calculó en el párrafo anterior. De esta manera, se obtuvo un parque de 1.470 bicimotos.

Es relevante destacar que los resultados anteriores de las estimaciones de los parques vehiculares están influenciados por el sesgo durante el proceso de fiscalización.

## 7.2 Categorías

La legislación chilena<sup>19</sup> no reconoce directamente la categoría de bicimotos, sino que define como moto a cualquier vehículo motorizado de peso menor o igual a 680 kg. Lo anterior no permite una distinción entre motos y bicimotos dentro de la ley, por lo que para ambos tipos se requiere de licencia tipo C. Por otro lado, la Unión Europea<sup>20</sup> define como bicimoto a aquellas motos que pueden ser impulsadas por pedales y que tengan un motor menor a 50cc.

Como se mostró en la Tabla 7-1, los factores de emisión corresponden al modelo COPERT v5.7, los cuales serán abordados en profundidad dentro del punto 7.3. En base a este modelo, las motos y bicimotos se pueden clasificar según las categorías de la Tabla 7-3.

<sup>18</sup> En los permisos de circulación el modelo puede ser registrado como "XV". Sin embargo, en la base de datos 3CV se encuentran los modelos muy detallados, por ejemplo, como "XV 250 S T/M 4 Tiempos" o "XV 250 T/M 4 Tiempos". Por lo tanto, solo si "XV 250 S T/M 4 Tiempos", "XV 250 T/M 4 Tiempos" y todos los modelos similares corresponden a la misma norma (digamos Euro 1), se pudo definir que el modelo "XV" pertenece a esa norma.

<sup>19</sup> Decreto No. 104 art. 2, Establece norma de emisión para motocicletas, Mayo 2, 2000, Diario Oficial [D.O.] (Chile).

<sup>20</sup> Driving License Directive 2006/126/EC (European Union, 2006)

**Tabla 7-3 Categorías vehiculares según factores de emisión.**

Categoría vehicular		Normativa Euro
Bicimoto	2 tiempos con motor < 50 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5
	4 tiempos con motor < 50 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5
Moto	2 tiempos con motor > 50 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5
	4 tiempos con motor < 250 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5
	4 tiempos con motor 250-750 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5
	4 tiempos con motor > 750 cc	Convencional, Euro 1 – Euro 5

Fuente: *The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EMEP/EEA, 2023).

### 7.3 Factores de emisión

Se utilizaron los factores de emisión provenientes de la guía europea ‘*The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*’ (EMEP/EEA, 2023). Esta guía a su vez utiliza como base el software COPERT (v5.7) para la estimación de los factores de emisión.

Existen contaminantes cuya metodología para calcular las emisiones tiene un enfoque más detallado y disponible, como es el caso de CO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, MP y CH<sub>4</sub>. Para ellos, es que la guía entrega factores de emisión de gramos de contaminante por kilómetros recorridos (por categoría de vehículo y tipo de tecnología). Dichos factores de emisión se obtuvieron de las tablas 3-25, 3-26, 3-51 y 3-89 dentro de la guía, los cuales se muestran resumidos en la Tabla 7-4. Por otro lado, contaminantes como el CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y Hg se estiman en base al consumo de combustible y aceites lubricantes. Para estos casos la guía entrega valores promedio de consumo de combustible por kilómetros recorridos, los cuales al multiplicarse con los FE de Tier 1 (masa de contaminante por masa de combustible utilizado), permiten calcular una relación de masa de contaminante por kilómetros recorridos. La obtención de estos factores de emisión se verá con más detalle en la sección 7.4.

**Tabla 7-4 Factores de emisión para motos y bicimotos.**

Categoría EEA	Tecnología	CO	NO <sub>x</sub> <sup>21</sup>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> lub <sup>22</sup>	PM <sub>2.5</sub> <sup>23</sup>	CH <sub>4</sub>	COV	DLCs
		[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g I-Teq /km]
Bicimoto de 2 tiempos con motor < 50 cc	Sin norma	14,7	0,06	0,001	0,001	4,24	0,176	0,219	8,40	1,03E-11
	Sin norma	32,8	0,23	0,002	0,0019	0,398	0,014	0,20	1,03	1,03E-11
Moto de 4 tiempos con motor < 250 cc	Euro 1	13,6	0,45	0,002	0,0019	0,309	0,014	0,20	0,92	1,3E-11
	Euro 2	7,17	0,32	0,002	0,0019	0,221	0,0035	0,20	0,43	1,3E-11
	Euro 3	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,05	2,7E-12
	Euro 4	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,07	2,7E-12
	Euro 5	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,04	2,7E-12
Moto de 4 tiempos con motor 250 -750 cc	Sin norma	25,7	0,23	0,002	0,0019	0,398	0,014	0,20	2,01	1,03E-11
	Euro 1	13,8	0,48	0,002	0,0019	0,309	0,014	0,20	1,14	1,3E-11
	Euro 2	7,17	0,32	0,002	0,0019	0,221	0,0035	0,20	0,54	1,3E-11
	Euro 3	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,16	2,7E-12
	Euro 4	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,04	2,7E-12
Moto de 4 tiempos con motor > 750 cc	Sin norma	21,1	0,25	0,002	0,0019	0,398	0,014	0,20	2,09	1,03E-11
	Euro 1	10,1	0,58	0,002	0,0019	0,309	0,014	0,20	0,88	1,3E-11
	Euro 2	7,17	0,32	0,002	0,0019	0,221	0,0035	0,20	0,33	1,3E-11
	Euro 3	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,16	2,7E-12
	Euro 4	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,04	2,7E-12
Euro 5	3,03	0,19	0,002	0,0019	0,133	0,0035	0,20	0,02	2,7E-12	

Fuente: *The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EMEP/EEA, 2023).

En base a mediciones disponibles a nivel nacional en el estudio “*Emisiones de motores mosquito y sus impactos*” (Hurtubia, Jahn & Sánchez, 2023), se encontró para las bicimotos un valor promedio de emisión para CO de 5 g/km, una cifra mucho más baja que la obtenida a partir de la

<sup>21</sup> Dado como NO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>22</sup> CO<sub>2</sub> debido a la combustión del aceite lubricante.

<sup>23</sup> Considera PTS = PM<sub>2.5</sub> = PM<sub>10</sub>, ya que según la guía EMEP/EEA la fracción gruesa (PM<sub>2.5</sub> - PM<sub>10</sub>) es insignificante en los gases de escape de estos vehículos.

guía (14,7 gCO/km). Esta variación con el estudio podría deberse a que los FE de la guía EMEP/EEA son promedios determinados a partir de una metodología basada en distintas variables, como valores típicos de velocidad, temperatura ambiente, combinación de modos de transporte (carretera, urbano, rural), duración del viaje, entre otras, mientras que los valores del estudio chileno fueron obtenidos por mediciones realizadas con instrumentos especializados y en condiciones controladas, a una velocidad constante y en circunstancias que simulaban la resistencia típica al ruedo. En futuros estudios estas estimaciones podrán ser refinadas.

#### 7.4 Factores de emisión para CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y Hg

Como se mencionó anteriormente, los factores de emisión para los contaminantes CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y Hg están expresados en base al consumo de combustible o aceite lubricante. Como se puede apreciar en la Tabla 7-4, la guía entrega un factor de emisión para el CO<sub>2</sub> proveniente de la combustión de lubricante en las unidades de g/km, por lo que en este apartado se obtendrán los factores de emisión en g/km tanto para el CO<sub>2</sub> de consumo de combustible como para SO<sub>2</sub> y Hg.

Los valores promedio de consumo de combustible según categoría de vehículo y tipo de tecnología se obtuvieron de la tabla 3-27 de la guía, los cuales están resumidos en la Tabla 7-5.

**Tabla 7-5 Valores de consumo promedio de combustible.**

Categoría EEA	Tecnología	Consumo de combustible [g/km]
Bicimoto de 2 tiempos con motor < 50 cc	Convencional	25
Moto de 4 tiempos con motor < 250 cc	Convencional	32
	Euro 1 en adelante	36
Moto de 4 tiempos con motor 250-750 cc	Convencional	37
	Euro 1 en adelante	36
Moto de 4 tiempos con motor > 750 cc	Convencional	45
	Euro 1 en adelante	46

Fuente: *The EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* (EMEP/EEA, 2023).

La guía EEA menciona que las emisiones de SO<sub>2</sub> son estimadas asumiendo que todo el azufre en el combustible es transformado completamente en SO<sub>2</sub>, usando la siguiente ecuación:

##### Ecuación 6 Estimación de emisiones de SO<sub>2</sub>.

$$E_{SO_2,m} = 2 \times k_{S,m} \times FC_m$$

Donde:

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

$k_{S,m}$ : Contenido de azufre en relación con el peso para el combustible m [g/g combustible].

$FC_m$ : Consumo de combustible m [g].

Respecto a los factores de masa de contaminante por masa de combustible utilizado:

- Se consideró un contenido de azufre de 9,9 ppm<sup>24</sup> obtenido a partir del “*Reporte de Sostenibilidad 2019*” (ENAP, 2019), que informa el contenido de azufre en gasolinas de la Refinería Aconcagua, encargada de abastecer a la Región Metropolitana.
- Vehículos con motor de bencina tienen un factor de emisión de 3,169 kg CO<sub>2</sub>/kg combustible, que se puede encontrar en la tabla 3-12 de la guía.
- Para las categorías de motos y bicimotos se tiene un factor de emisión de Hg igual a 0,0087 ppm/peso combustible, el cual se puede encontrar en la tabla 3-90 de la guía.

De esta manera, se pudo calcular factores de emisión expresados en gramos de contaminante por kilómetros recorridos, los cuales se muestran en la Tabla 7-6.

<sup>24</sup> 1 ppm = 10<sup>-6</sup> g/g de combustible.

Tabla 7-6 Factores de emisión calculados [g/km].

Categoría EEA	Tecnología	CO2 comb <sup>25</sup>	Hg	SO2
<b>Bicimoto de 2 tiempos con motor &lt; 50 cc</b>	Sin norma	79,225	2,175E-07	0,0005
<b>Moto de 4 tiempos con motor &lt; 250 cc</b>	Sin norma	101,408	2,784E-07	0,0006
	Euro 1	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 2	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 3	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 4	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 5	114,084	3,132E-07	0,0007
<b>Moto de 4 tiempos con motor 250-750 cc</b>	Sin norma	117,253	3,219E-07	0,0007
	Euro 1	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 2	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 3	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 4	114,084	3,132E-07	0,0007
	Euro 5	114,084	3,132E-07	0,0007
<b>Moto de 4 tiempos con motor &gt; 750 cc</b>	Sin norma	142,605	3,915E-07	0,0009
	Euro 1	145,774	4,002E-07	0,0009
	Euro 2	145,774	4,002E-07	0,0009
	Euro 3	145,774	4,002E-07	0,0009
	Euro 4	145,774	4,002E-07	0,0009
	Euro 5	145,774	4,002E-07	0,0009

Fuente: Elaboración propia

## 7.5 Metodología de obtención de información en terreno

El objetivo principal de levantar información en terreno fue para determinar la distancia anual promedio que recorren las bicimotos, considerando que para motos se obtuvo a partir de las plantas de revisión técnica en la sección 5.2. Para esto se realizó una breve encuesta a conductores de bicimotos, cuyo diseño preliminar, etapa de pilotaje, aplicación del diseño final y resultados son abordados en los apartados siguientes.

### 7.5.1 Diseño preliminar de la encuesta

Inicialmente se desarrolló el siguiente cuestionario para ser evaluado en el piloto.

*Hola, ¿le gustaría responder una breve encuesta sobre el uso de bicimotos? Entre quienes respondan se sorteará una Giftcard de 100.000 pesos.*

*[Consentimiento informado]*

- *El objetivo de esta investigación es estimar la distancia media que recorren estos vehículos.*
- *Si usted acepta participar, deberá responder 5 preguntas, lo que le tomará aproximadamente 2 minutos.*
- *Su participación en esta investigación es completamente anónima. Toda la información que usted entregue será usada exclusivamente para los propósitos de esta investigación.*
- *Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a no aceptar participar o a retirarse en el momento que lo estime conveniente.*

1. *¿Cuántos cc tiene el motor del vehículo?*
2. *¿Es usted el único conductor del vehículo?*
3. *¿Cuántos kilómetros recorre el vehículo en un día normal?*
4. *¿Cuántos días al mes se utiliza?*
5. *¿Cuántos meses al año se utiliza?*

*Si desea participar del sorteo, escriba su nombre y mail en esta lista.*

<sup>25</sup> CO2 debido a la combustión del combustible.

### 7.5.2 Pilotaje de la encuesta y resultados

Se realizó un pilotaje de la encuesta el jueves 12 de octubre de 2023 durante la hora de almuerzo (12:30-14:30 hrs), en distintos puntos de las comunas de Providencia y Las Condes. Durante un periodo de dos horas, dos encuestadores lograron una muestra de 16 conductores de bicimotos, cuyas respuestas se recopilaron en la Tabla 7-7. Además, se incluye en la tabla una columna de kilometraje anual obtenido a partir de la Ecuación 7.

#### Ecuación 7 Cálculo del kilometraje anual de bicimotos.

$$\text{Kilometraje anual [km]} = \frac{\text{km}}{\text{día}} * \frac{\text{días}}{\text{mes}} * \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

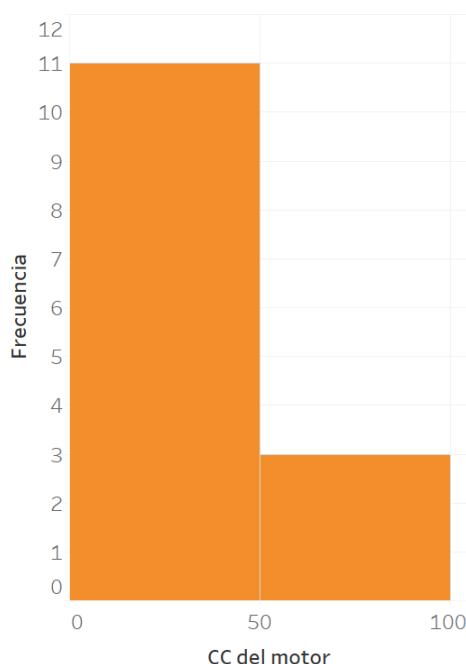
**Tabla 7-7 Resultados del pilotaje de la encuesta.**

CC del motor	Conductor	Km/día	Días/mes	Meses/año	Kilometraje anual [km/año]
49	único	150	24	4	14.400
40	único	50	30	1	1.500
80	único	90	24	1,5	3.240
48	único	100	24	6	14.400
48	único	60	25	11	16.500
1000	único	90	30	12	32.400
49	compartido	80	12	12	11.520
49	único	25	30	12	9.000
49	único	70	24	12	20.160
49	único	80	30	12	28.800
48	único	50	30	12	18.000
80	único	55	22	12	14.520
80	único	75	26	12	23.400
49	único	40	20	12	9.600
49	único	70	30	12	25.200
No sabe	único	20	30	12	7.200

Fuente: Elaboración propia.

El promedio del kilometraje anual para la muestra es de 15.615 kilómetros. Se observa que los primeros datos en la Tabla 7-7 respecto a los meses/año en que se utilizó la bicimoto presentan un menor valor, lo cual se debe a que los encuestados llevaban menos de un año utilizando la bicimoto porque recién estaban comenzando a trabajar en el rubro de *delivery*, en cambio las respuestas que consideran 11 o 12 meses corresponden a encuestados que llevaban más de un año en el rubro, y que por lo tanto utilizaban la bicimoto como medio de trabajo a tiempo completo. Éste último grupo de encuestados promedia un kilometraje anual de 18.025 km/año.

En la Figura 7-1 se observa el histograma construido en base a las respuestas de los cc del motor de la bicimoto, en el cual se puede notar que la mayoría de los motores no superan los 50 cc.

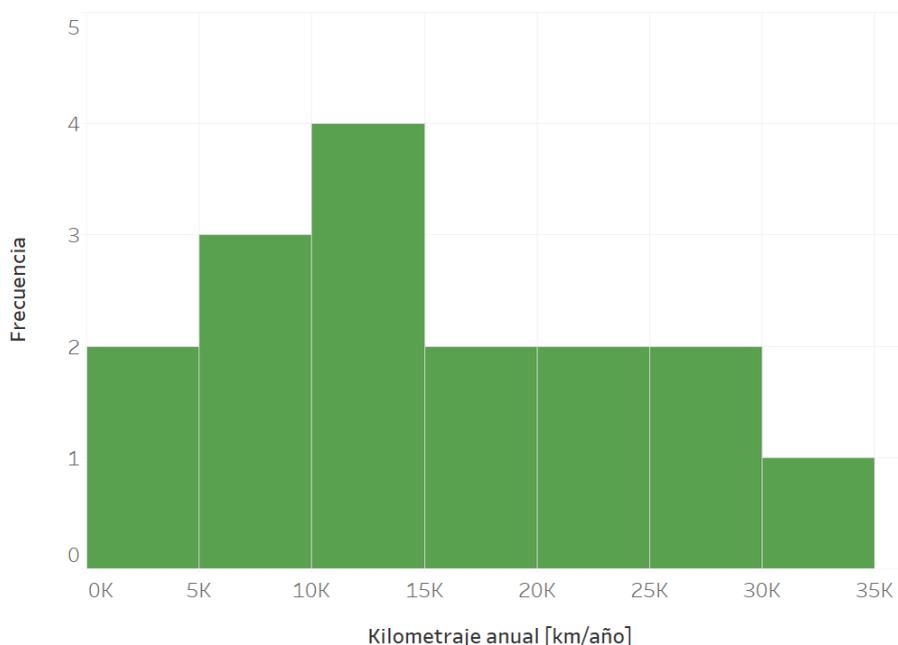


Nota: se excluye de los datos la respuesta de "no sabe".

**Figura 7-1 Histograma cc del motor para la encuesta piloto.**

Fuente: Elaboración propia

La Figura 7-2 muestra el histograma para el kilometraje anual calculado a partir de las respuestas de la encuesta piloto, en el cual se observa que la mayor frecuencia ocurre para el intervalo de 10.000-15.000 kilómetros/año.



**Figura 7-2 Histograma kilometraje anual para la encuesta piloto.**

Fuente: Elaboración propia

A partir de la etapa de pilotaje se obtuvieron ciertos aprendizajes:

1. Las preguntas planteadas se entienden con facilidad y se responden de manera rápida, por lo que no resulta necesario hacer modificaciones mayores a las mismas.
2. Se decide incluir una nueva pregunta en la encuesta para conocer cómo estima el encuestado la respuesta sobre los kilómetros recorridos en un día normal (lo registra la aplicación de *delivery*, hace seguimiento de la actividad por su cuenta, estimación aproximada según su propia creencia, entre otros). Lo anterior no con el fin de excluir ciertas respuestas en base a la estimación, sino que para conocer la confianza de los datos.
3. Se recomienda realizar la encuesta afuera de locales de comida rápida debido a la mayor probabilidad de encontrar bicimotos, en comparación a otras tiendas de comida.
4. La mayoría de los encuestados operaban repartiendo los pedidos de un mismo local, o conjunto de locales cercanos, por lo que después de realizar un pedido, acostumbraban

a volver a ese punto de espera de nuevos pedidos. Esto hace que después de un tiempo en el mismo punto no se encontraban nuevas personas para encuestar. Se recomienda, por lo tanto, realizar una ruta de puntos de interés para la realización de la encuesta y no permanecer encuestando en un mismo lugar más de una hora, ya que los encuestados se repetirían.

5. Debido a la alta fiscalización que se realiza a este medio de transporte, de manera general no se encontraban muchos bicimotos en terreno, en comparación a motocicletas, bicicletas o bicicletas eléctricas. En base a lo anterior, los mismos encuestados reconocieron que preferían las últimas horas del día (o de la tarde) para salir a terreno debido a que presentaban menos luz y, por ende, menos posibilidades de ser fiscalizados.

### 7.5.3 Diseño final encuesta

En base a los aprendizajes del piloto, se desarrolló el siguiente cuestionario final:

*Hola, ¿le gustaría responder una breve encuesta sobre el uso de bicimotos? Entre quienes respondan se sorteará una Giftcard de 100.000 pesos.*

*[Consentimiento informado]*

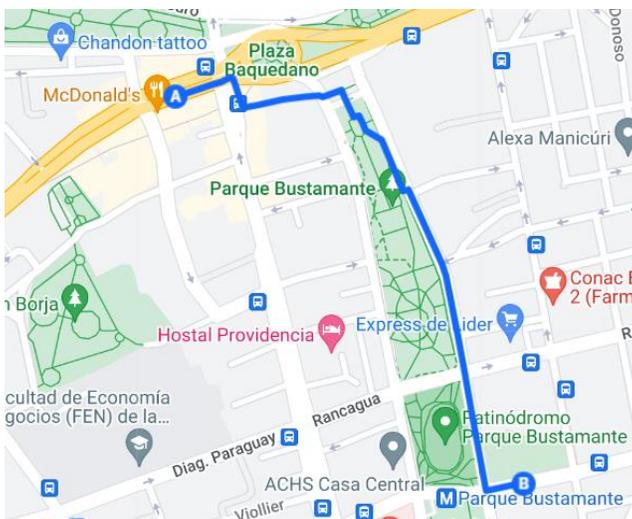
- *El objetivo de esta investigación es estimar la distancia media que recorren estos vehículos.*
- *Si usted acepta participar, deberá responder 6 preguntas, lo que le tomará aproximadamente 2 minutos.*
- *Su participación en esta investigación es completamente anónima. Toda la información que usted entregue será usada exclusivamente para los propósitos de esta investigación.*
- *Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. Usted tiene derecho a no aceptar participar o a retirarse en el momento que lo estime conveniente.*

1. *¿Cuántos cc tiene el motor del vehículo?*
2. *¿Es usted el único conductor del vehículo?*
3. *¿Cuántos kilómetros recorre el vehículo en un día normal?*
4. *¿Cómo estimó los kilómetros recorridos?*
5. *¿Cuántos días al mes se utiliza?*
6. *¿Cuántos meses al año se utiliza?*

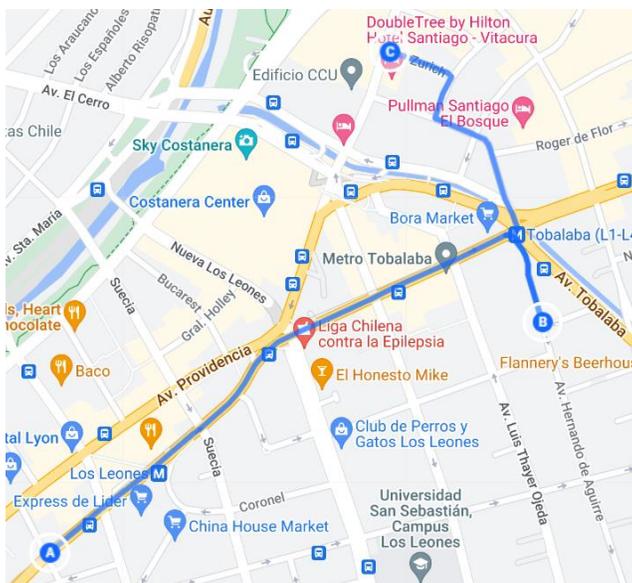
*Si desea participar del sorteo, escriba su nombre y mail en esta lista.*

### 7.5.4 Resultados y análisis de la aplicación del diseño final de la encuesta

Se llevó a cabo una jornada de encuesta el miércoles 25 de octubre de 2023 entre las 12:00 y 19:00 horas, en zonas de interés determinadas a partir del aprendizaje obtenido durante el pilotaje (ver Figura 7-3 y Figura 7-4). Estas zonas fueron escogidas por presentar uno o varios restaurantes de comida rápida (hamburguesas, pizzas, donas, sándwiches, entre otros). Durante un periodo de 7 horas, con media hora de descanso, un encuestador alcanzó el tamaño muestral de 31 conductores de bicimotos, cuyas respuestas se muestran en la Tabla 7-8, incluyendo nuevamente una columna de kilometraje anual calculado. Las respuestas que incluyeron “no sabe” para alguna de las preguntas fueron excluidas dentro del análisis de los datos.



**Figura 7-3 Puntos de interés en la zona Alameda y Parque Bustamante.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 7-4 Puntos de interés en la zona Av. Providencia con Tobalaba.**  
Fuente: Elaboración propia

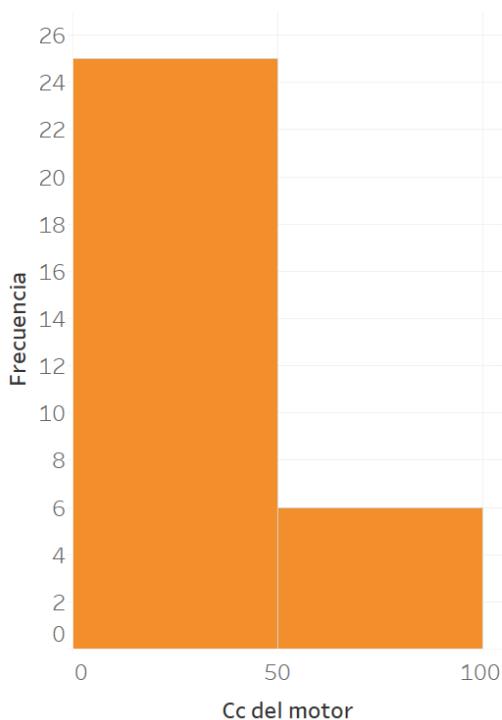
Tabla 7-8 Resultados de la aplicación del diseño final de encuesta.

Cc del motor	Conductor único	Km/día	Cómo lo estimó	Días/mes	Meses/año	Kilometraje anual [km/año]
49	sí	80	Cantidad de pedidos	29	6	13.920
48	sí	40	Por llenado del tanque	20	6	4.800
49	sí	60	Cantidad de pedidos	30	2	3.600
48	sí	30	En la app <i>delivery</i>	30	10	9.000
48	sí	90	Google Maps	30	12	32.400
49	sí	60	Cantidad de pedidos	4	12	2.880
80	sí	40	En la app <i>delivery</i>	20	12	9.600
45	sí	100	Cantidad de pedidos	25	5	12.500
49	sí	30	Cantidad de pedidos	26	12	9.360
49	sí	100	En la app <i>delivery</i>	30	12	36.000
49	sí	70	Cantidad de pedidos	30	12	25.200
80	sí	90	Por llenado del tanque	20	12	21.600
80	sí	60	Cantidad de pedidos	16	12	11.520
80	sí	80	Cantidad de pedidos	30	12	28.800
49	sí	90	Cantidad de pedidos	30	12	32.400
80	sí	120	Waze	30	12	43.200
49	sí	90	Google Maps	30	12	32.400
49	sí	80	Cantidad de pedidos	30	12	28.800
49	sí	100	Cantidad de pedidos	30	12	36.000
49	sí	80	Cantidad de pedidos	20	11	17.600
49	sí	70	Cantidad de pedidos	20	12	16.800
49	sí	30	Cantidad de pedidos	15	3	1.350
49	sí	40	Cantidad de pedidos	20	12	9.600
49	sí	50	Por llenado del tanque	30	12	18.000
49	sí	70	En la app <i>delivery</i>	24	12	20.160
49	sí	70	En la app <i>delivery</i>	24	12	20.160
49	sí	40	Cantidad de pedidos	20	2	1.600
49	sí	50	Cantidad de pedidos	20	12	12.000
49	sí	80	Cantidad de pedidos	30	12	28.800
49	sí	60	Google Maps	25	8	12.000
80	sí	90	Cantidad de pedidos	30	11	29.700

Fuente: Elaboración propia

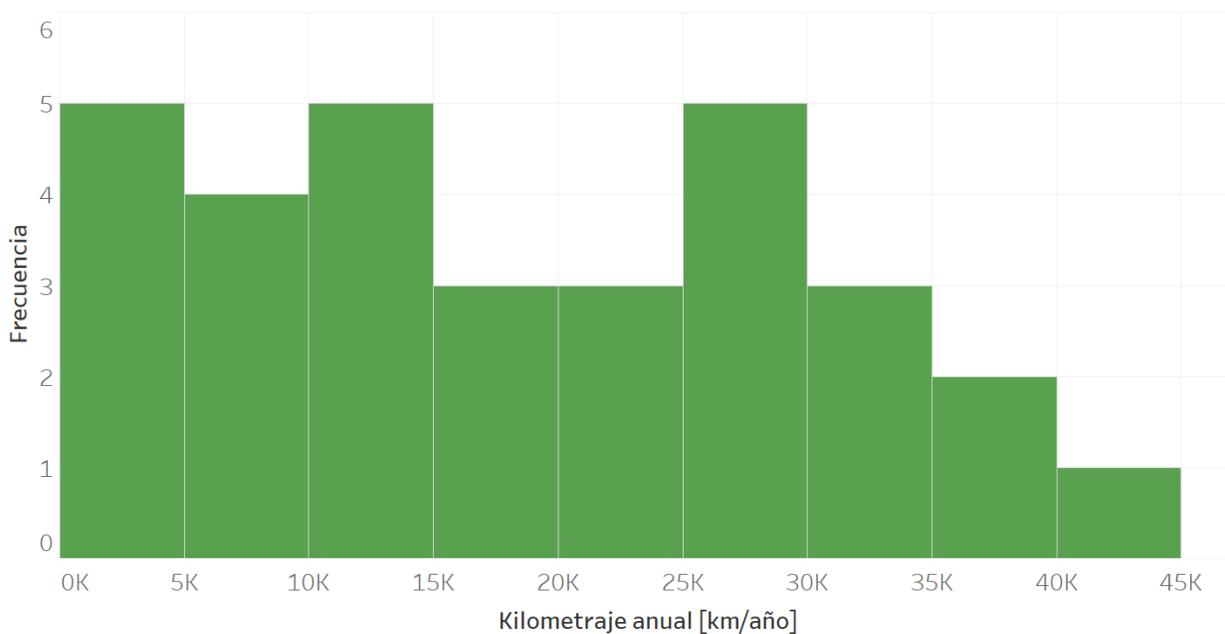
Se calculó el kilometraje anual para las respuestas de los encuestados utilizando la Ecuación 7. Para calcular el promedio del kilometraje anual se consideraron las respuestas de la Tabla 7-7 y Tabla 7-8, de manera que se obtuvo un tamaño muestral de 47 respuestas. De esta manera, se estimó una distancia anual promedio de 17.693 km/año. Como se puede observar en la Tabla 7-8 y también en el proceso de pilotaje, algunas respuestas de los meses/año de uso de la bicimoto consideran pocos meses, lo cual ocurre debido a que algunos encuestados llevan menos de un año trabajando en el rubro de *delivery* o poseen la bicimoto hace poco tiempo. Si sólo se considera a los conductores que han utilizado su bicimoto por al menos un año, se obtiene un promedio de kilometraje anual promedio de 21.109 km/año, el cual es utilizado para el cálculo de las emisiones del subsector bicimotos en la sección 8.

En la Figura 7-5 se observa el histograma construido en base a las respuestas de los cc del motor de la bicimoto, en el cual se puede notar que la mayoría de los motores no superan los 50 cc, lo cual representa un 80,6% del total de la muestra.



**Figura 7-5 Histograma cc del motor para la encuesta.**  
 Fuente: Elaboración propia.

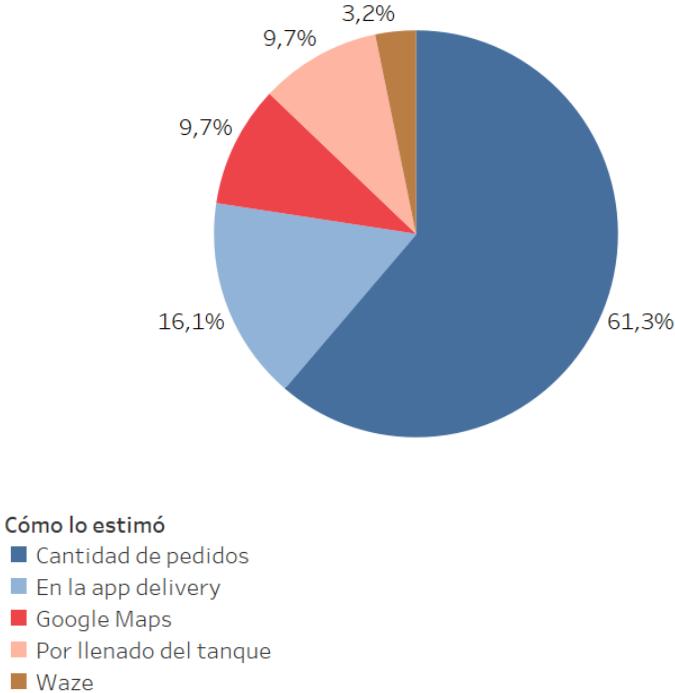
La Figura 7-6 muestra el histograma del kilometraje anual calculado a partir de las respuestas de la encuesta, en el cual se observa tres intervalos con mayor frecuencia: menos de 5.000 km/año, 10.000 – 15.000 km/año y 25.000-30.000 km/año. En el primer intervalo, con kilometraje anual menor a 5.000 km/año, se encuentran principalmente encuestados que llevan menos de medio año utilizando la bicimoto. En el segundo intervalo, de 10.000 – 15.000 km/año, se encuentran respuestas cuyo uso de la bicimoto va desde los 6 hasta 12 meses/año, donde los que consideran 12 meses corresponden a encuestados que no superan los 60 km/día y no trabajan más de 20 días/mes. El tercer intervalo, de 25.000 – 30.000 km/año, se compone principalmente por encuestados que utilizan la bicimoto todos los días del año, es decir, 30 días/mes y 12 meses/año.



**Figura 7-6 Histograma del kilometraje anual para la encuesta.**  
 Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó en el aprendizaje de la encuesta piloto, se decidió incluir una nueva pregunta en el diseño de la encuesta para conocer cómo estimaban los encuestados los kilómetros recorridos en un día normal. En la Figura 7-7 se puede observar un diagrama circular con las principales respuestas obtenidas, entre las cuales el 61,3% de los encuestados estimó la distancia recorrida en base a la cantidad de pedidos que realizan en un día, para los cuales la aplicación de *delivery* les entrega la distancia de ida, y como generalmente vuelven al mismo lugar de inicio, es

la misma distancia de vuelta. El 16,1% de los encuestados estimó en base al resumen de distancia recorrida que entregaban algunas aplicaciones de *delivery*. Las demás respuestas consideran estimaciones en base a cuántas veces recargaban el tanque de combustible en un día, o al uso de otras aplicaciones como Google Maps y, en menor porcentaje, Waze.



**Figura 7-7 Métodos de estimación de los encuestados.**

Fuente: Elaboración propia.

Durante la realización de la última encuesta se destacaron hallazgos importantes. Entre ellos, se observó que la mayoría de los kits para convertir bicicletas en bicimotos provienen principalmente del mismo proveedor. Además, se destacó que las bicimotos tienden a tener una vida útil limitada, generalmente no superando el año de uso, lo que implica que los conductores deben estar constantemente renovando los componentes de sus bicimotos. Por último, se notó que varios conductores dedicados al servicio de *delivery* a tiempo completo no consideran factible el uso de bicicletas eléctricas. Esto se debe principalmente a que perciben una baja autonomía en comparación con las bicimotos. En particular, señalaron que la duración de la carga de las bicicletas eléctricas era significativamente menor y no satisfacía sus necesidades laborales, lo que las hacía menos prácticas para sus rutinas de trabajo diarias.

## 8. Resultados del inventario de emisiones

Se realizó el cálculo de emisiones con MODEM para todas las categorías de vehículos exceptuando motos y bicimotos, cuyas emisiones se estimaron por separado utilizando la metodología de EMEP Tier 2.

### 8.1 Resultados principales

La Tabla 8-1 presenta los resultados de las emisiones modeladas con MODEM, desglosadas por tipo de descarga y categoría vehicular CCF6. Se debe recordar que para dichas categorías se utilizó un diccionario de homologación con las categorías INE presentado en la Tabla 6-4. De igual forma, a continuación se resumen las agrupaciones:

1. Particulares: Automóviles, Station Wagon y Todo Terreno.
2. Comerciales de uso particular: Furgones, Camionetas y Minibuses (incluye transporte colectivo como privado remunerado, turismo, escolar, trabajadores, ente otros).
3. Taxis colectivos.
4. Alquiler: Taxi básico y Taxi turismo.
5. Camiones livianos: Camión simple, remolque y semirremolque.
6. Camiones pesados: Tractocamión.
7. Bus transporte colectivo: Buses urbanos, taxibús, bus escolar, bus de trabajadores, entre otros.

En la Tabla 8-1 se puede observar que las emisiones de MP2.5 y MP10 se presentan en varios tipos de descarga. En particular, destaca el aporte de las emisiones por tubo de escape y de polvo resuspendido. También se puede observar que, para las emisiones de partidas en frío y tubo de escape, se da que  $MP2.5 = MP10 = PTS$ . Tanto para MP2.5 y MP10 el mayor contribuyente corresponde al tubo de escape de los vehículos comerciales de uso particular, con 1.837 ton/año. El segundo lugar se lo llevan los vehículos particulares, con 565 ton/año de PM2.5 para las emisiones por tubo de escape y 1.342 ton/año de PM10 por emisiones de polvo resuspendido. Por otro lado, las emisiones más bajas para MP2.5 y MP10 se dan en las partidas en frío de los taxis colectivos, aportando 0,01 toneladas anuales.

Las emisiones de NOx se dan por dos tipos de descarga: partidas en frío y tubo de escape, siendo este último el que más contribuye en las emisiones. El mayor aporte es dado por los vehículos comerciales de uso particular, con 14.447 ton/año, por medio del tubo de escape. Le siguen los vehículos particulares con 7.771 ton/año y buses urbanos con 2.384 ton/año, también por el mismo tipo de descarga. Las emisiones más bajas se dan en las partidas en frío de los taxis colectivos, aportando 0,29 toneladas anuales.

Respecto a las emisiones de COV, se dan a través de partidas en frío, tubo de escape y evaporativas (detenciones en caliente, durante el recorrido y durante el día cuando no se encuentra en movimiento). El mayor aporte se da a través de las emisiones del tubo de escape, siendo la categoría de vehículos particulares la que más contribuye, con 7.119 ton/año, seguido por los vehículos comerciales de uso particular, con 1.696 ton/año. Por otro lado, las emisiones más bajas se dan en las partidas en frío de los taxis colectivos, aportando 0,21 toneladas anuales.

Las emisiones de CO se dan a través de partidas en frío y tubo de escape, siendo este último el que más contribuye en las emisiones. El mayor aporte es dado por los vehículos particulares, con 56.329 ton/año, por medio del tubo de escape. Le siguen los vehículos comerciales de uso particular, con 16.133 ton/año, y los vehículos de alquiler con 1.750 ton/año, también por el mismo tipo de descarga. Las emisiones más bajas se dan en las partidas en frío de los taxis colectivos, aportando 5 toneladas anuales.

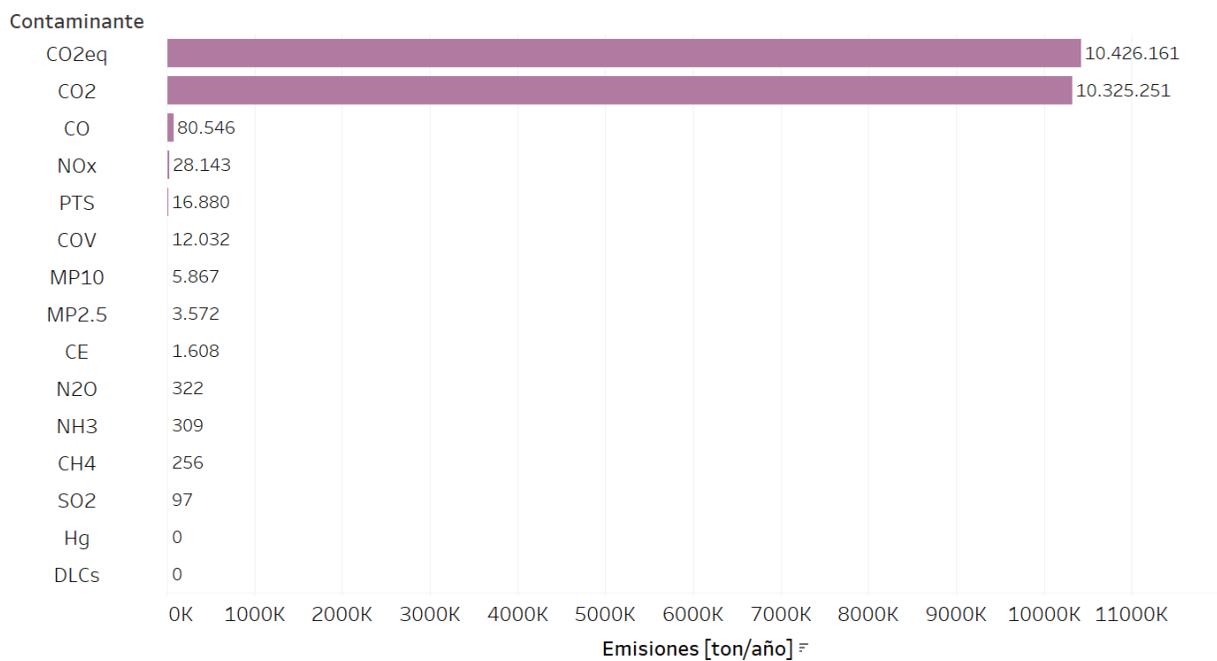
Tabla 8-1 Emisiones por tipo de descarga y categoría vehicular 2022 (sin motos y bicimotos) [ton/año].

Contaminante	Descarga	Particulares	Comerciales uso particular	Taxis colectivos	Alquiler	Buses urbanos	Camiones livianos	Camiones medianos	Camiones pesados
MP2.5	Desgaste de frenos	87	45	4	14	10	2	2	2
	Desgaste de neumáticos	134	69	7	22	6	3	3	2
	Partidas en frío	4	15	0,011	0,06				
	Polvo resuspendido	325	166	17	52	18	19	15	8
	Tubo de escape	565	1.837	6	23	40	3	28	21
MP10	Desgaste de frenos	219	113	11	35	24	5	4	5
	Desgaste de neumáticos	192	98	9	31	9	5	4	2
	Partidas en frío	4	15	0,011	0,06				
	Polvo resuspendido	1.342	685	71	214	74	77	62	33
	Tubo de escape	565	1.837	6	23	40	3	28	21
PTS	Desgaste de frenos	224	115	11	36	25	5	4	5
	Desgaste de neumáticos	319	163	16	51	15	8	7	4
	Partidas en frío	4	15	0,011	0,06				
	Polvo resuspendido	6.994	3.569	369	1.115	385	403	324	170
	Tubo de escape	565	1.837	6	23	40	3	28	21
NOx	Partidas en frío	211	35	0,29	1				
	Tubo de escape	7.771	14.447	197	781	2.384	138	1.309	869
COV	Detenciones en caliente	932	90	5	5				
	Durante el día	812	30	5	5				
	Durante el recorrido	206	22	8	11				
	Partidas en frío	530	48	0,21	1				
	Tubo de escape	7.119	1.696	88	203	97	8	62	47
CO	Partidas en frío	3.542	579	5	6				
	Tubo de escape	56.329	16.133	941	1.750	628	36	353	243
SO2	Tubo de escape	50	31	2	7	3	1	2	1
NH3	Partidas en frío	2	0,15	0,0017	0,0035				
	Tubo de escape	257	31	4	7	3	4	2	1
N2O	Tubo de escape	148	114	4	33	10	7	4	3
CO2	Tubo de escape	5.281.715	3.287.806	254.058	743.887	356.451	126.588	163.519	111.227
CH4	Tubo de escape	142	54	3	5	28	1	12	11
Hg	Tubo de escape	2,E-05	5,E-06	7,E-07	2,E-06	2,E-07	2,E-07	1,E-07	6,E-08
DLCs	Tubo de escape	2,E-09	1,E-09	1,E-10	4,E-10	5,E-11	4,E-11	3,E-11	2,E-11
CO2eq	Tubo de escape	5.329.151	3.323.214	254.009	753.741	359.972	128.805	164.954	112.315

Fuente: Elaboración propia

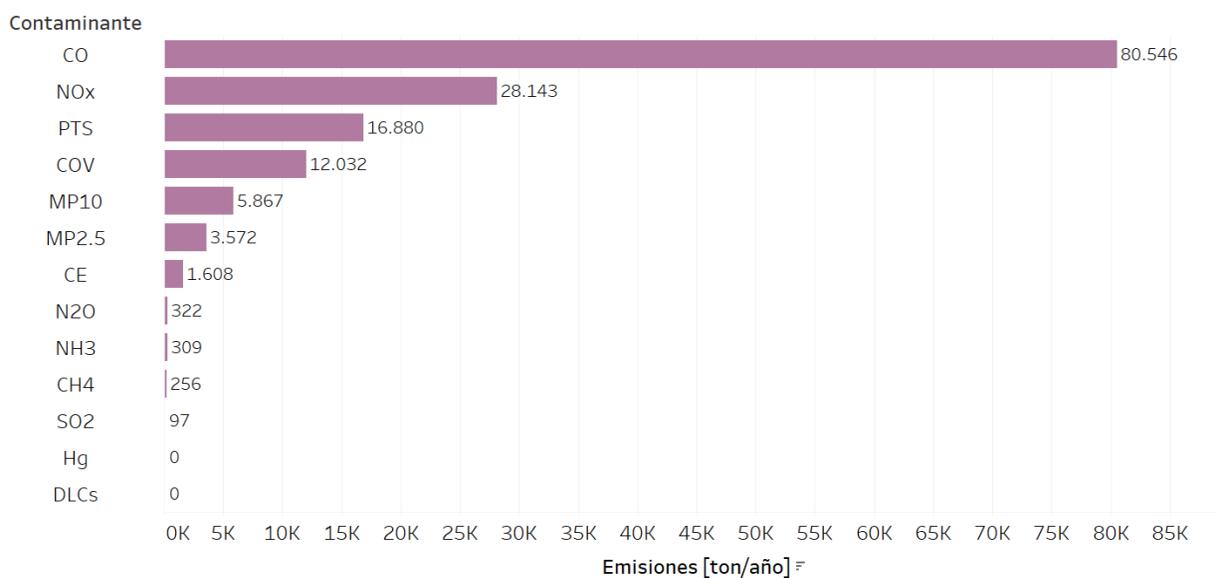
La Figura 8-1 muestra las emisiones presentadas en la tabla anterior de manera agregada. Como se puede observar, las emisiones de CO2 y CO2equivalente representan un gran aporte a las emisiones atmosféricas, alcanzando más de 10 millones de toneladas al año. Le siguen las emisiones de CO con 80.546 ton/año y las de NOx con 28.143 ton/año. En el sexto lugar se encuentran las emisiones de COV, para las que se obtuvo 12.032 toneladas anuales. Respecto al material particulado, las emisiones de MP10 alcanzaron 5.867 ton/año mientras que el material particulado fino (MP2.5) presentó un total de 3.572 toneladas anuales.

Debido a la gran magnitud que presentan las emisiones de CO2 y CO2eq, se dificulta la apreciación visual de otros contaminantes en la figura. Por esta razón, se creó la Figura 8-2 para facilitar una mejor comprensión del gráfico y una evaluación más detallada.



**Figura 8-1 Emisiones totales por contaminante 2022 (sin motos y bicimotos).**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8-2 Emisiones totales por contaminante 2022, excluyendo CO2 y CO2eq (sin motos y bicimotos).**

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de salida de MODEM se pudo obtener los kilómetros totales recorridos por los vehículos considerados en la corrida del programa, que dieron un total de 42.601.587.892 kilómetros<sup>26</sup>. Además, el programa permite una desagregación de las emisiones por comuna, por

<sup>26</sup> No considera el subsector de motos y bicimotos.

lo que en Anexos (ver Sección 11.5) se puede encontrar una tabla detallada para las comunas de la Región Metropolitana, que puede resultar de interés.

La Tabla 8-2 presenta los resultados de las emisiones estimadas para el subsector de motos, el cual consideró un nivel de actividad de 18.911 km/año y el parque vehicular presentado en la Tabla 7-2. Se puede observar que las emisiones de MP2.5 y MP10 alcanzan las 13 toneladas por año, mientras que para NOx la cifra sube a 599 toneladas anuales. Para los compuestos orgánicos volátiles se obtuvo un total de 607 ton/año, mientras que el CO alcanzó 11.735 toneladas.

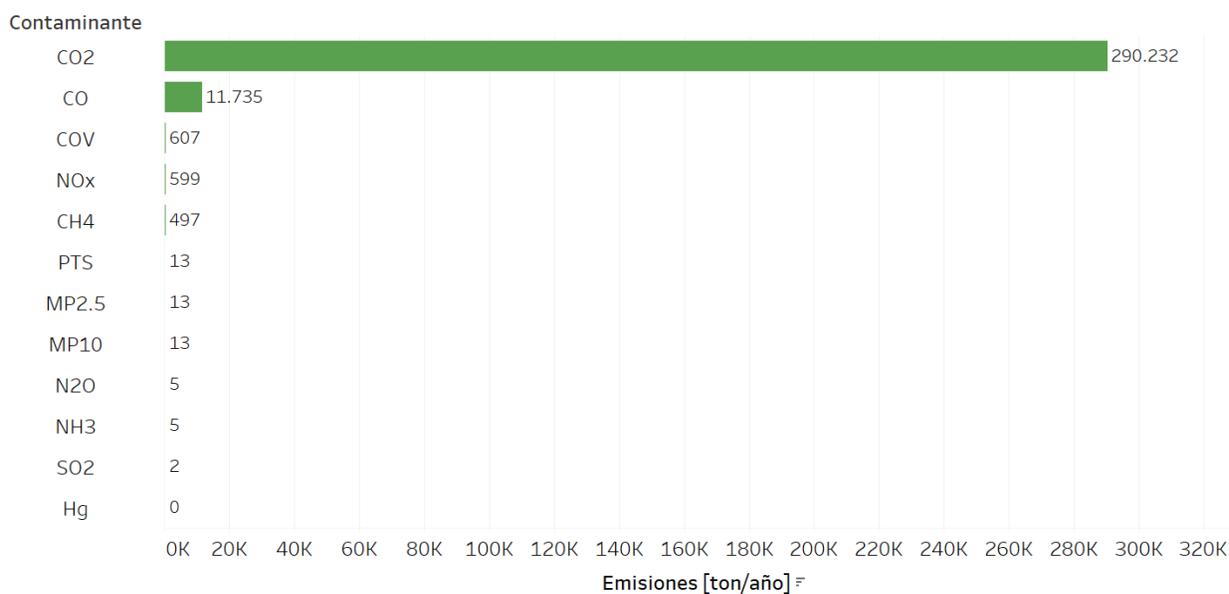
**Tabla 8-2 Emisiones por contaminante subsector motos 2022.**

Contaminante	Emisiones	Unidad
MP2.5	13	[ton/año]
MP10	13 <sup>1</sup>	
PTS	13 <sup>1</sup>	
NOx	599	
COV	607	
CO	11.735	
SO2	1,8	
NH3	4,7	
N2O	5,0	
CO2	290.232	
CH4	497	
Hg	8,E-04	
DLCs	1,E-08	

Nota 1: Se considera PTS = MP2.5 = MP10 debido a lo mencionado en la sección 7.3.

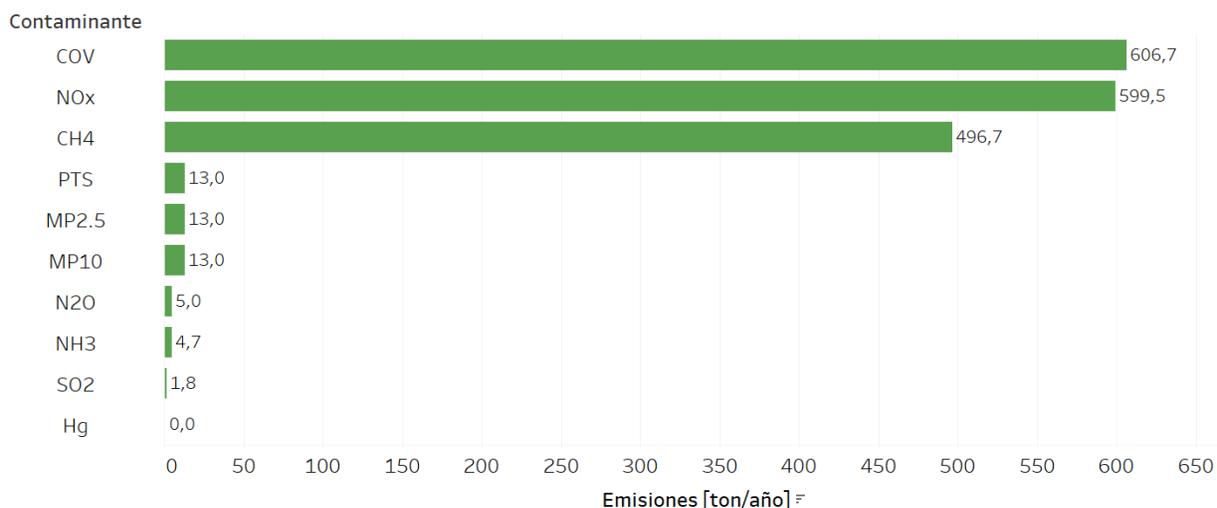
Fuente: Elaboración propia

La Figura 8-3 presenta las emisiones detalladas en la tabla anterior, a excepción de las dioxinas (DLCs) debido a que posee otra unidad. Destaca, una vez más, que las emisiones de CO2 son significativamente superiores, alcanzando 290.232 toneladas anuales. Por esto, se creó la Figura 8-4, con el fin de facilitar la visualización y comprensión de los demás contaminantes.



**Figura 8-3 Emisiones totales por contaminante subsector motos 2022.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8-4 Emisiones totales por contaminante subsector motos 2022, excluyendo CO2.**

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8-3 presenta los resultados de las emisiones estimadas para el subsector de bicimotos, el cual consideró un nivel de actividad de 21.109 km/año y un parque vehicular de 1.470 bicimotos. Se puede observar que las emisiones de MP2.5 y MP10 alcanzan 5,5 toneladas por año, mientras que para NOx esta cifra es de 1,7 toneladas anuales.

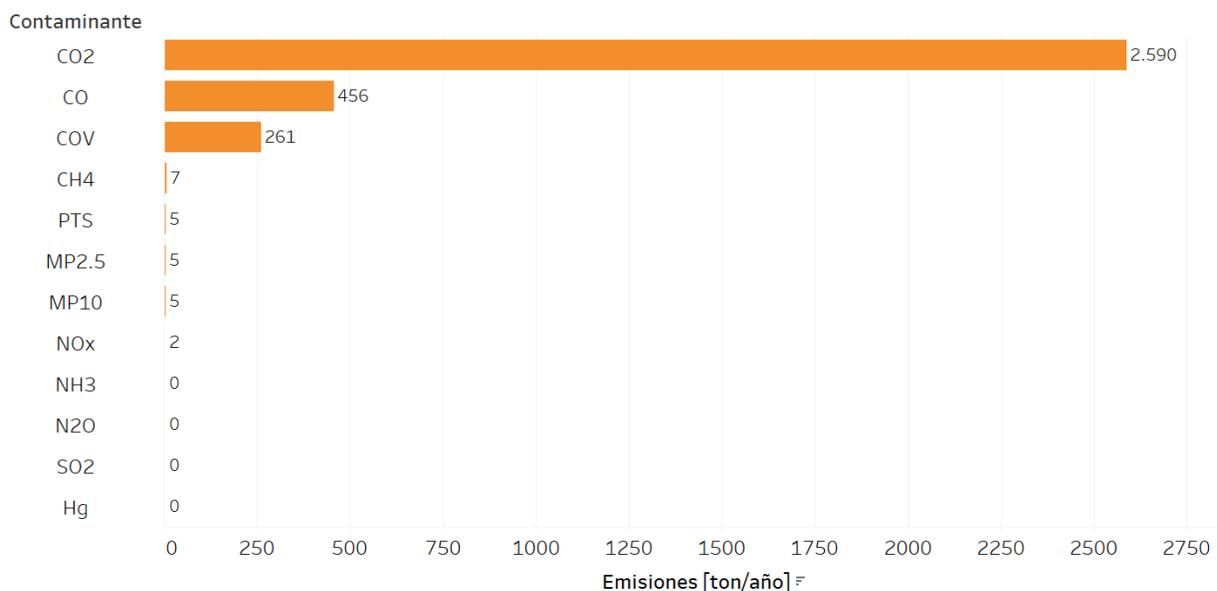
**Tabla 8-3 Emisiones por contaminante subsector bicimotos 2022.**

Contaminante	Emisiones	Unidad
MP2.5	5,46	[ton/año]
MP10	5,46 <sup>1</sup>	
PTS	5,46 <sup>1</sup>	
NOx	1,7	
COV	261	
CO	456	
SO2	0,015	
NH3	0,031	
N2O	0,031	
CO2	2.590	
CH4	6,8	
Hg	7,E-06	
DLCs	3,E-10	

Nota 1: Se considera PTS = MP2.5 = MP10 debido a lo mencionado en la sección 7.3.

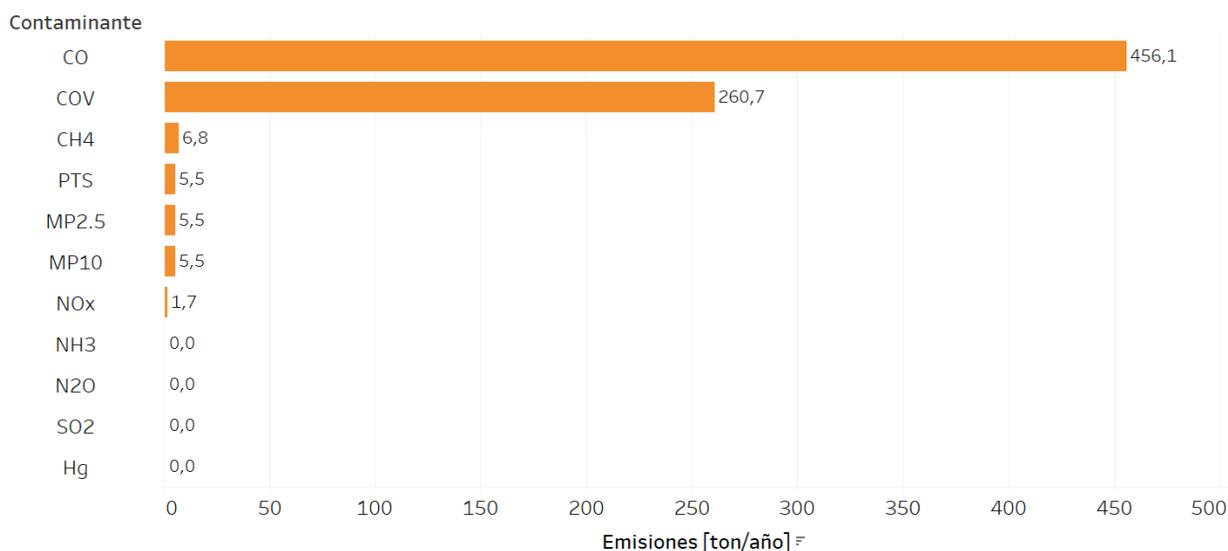
Fuente: Elaboración propia

La Figura 8-5 muestra las emisiones presentadas en la tabla anterior, excluyendo nuevamente las emisiones de dioxinas por las razones mencionadas anteriormente. Se puede observar que el mayor contribuyente en las emisiones corresponde al CO2, como se ha presenciado a lo largo de la sección, alcanzando 2.590 ton/año. Le siguen en orden decreciente las emisiones de CO y COV, con 456 y 261 toneladas anuales respectivamente. En la Figura 8-6 se muestran las emisiones sin incluir al CO2, con el fin de facilitar la visualización y comprensión de los demás contaminantes.



**Figura 8-5 Emisiones totales por contaminante subsector bicimotos 2022.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8-6 Emisiones totales por contaminante subsector bicimotos 2022, excluyendo CO2.**

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8-4 se puede apreciar el resultado de las emisiones totales para la Región Metropolitana, obtenidas a través de la suma de las emisiones por contaminante presentadas en la Tabla 8-1, Tabla 8-2 y Tabla 8-3. No se incluyeron las emisiones de dioxinas debido a que los resultados obtenidos con la corrida de MODEM están expresados en toneladas por año, mientras que con la metodología de EMEP Tier 2 utilizada para las motos y bicimotos, se obtuvieron las emisiones en ton I-Teq/año. Como no se cuenta con información sobre la toxicidad relativa de las diferentes formas de dioxinas, resulta difícil realizar una conversión precisa de las emisiones en ton/año hacia ton I-Teq/año, lo que impide que se puedan sumar directamente.

Recordando que el PPDA para la Región Metropolitana se enfoca en el cumplimiento de las normas primarias de calidad de aire para MP2.5, MP10, Ozono (O3) y CO, los resultados presentados en la Tabla 8-4 resultarán de particular interés para los contaminantes mencionados. En dicha tabla se detallan las emisiones de partículas contaminantes, siendo especialmente destacables las emisiones de MP2.5. Estas partículas, debido a su tamaño reducido, representan una amenaza significativa para la salud humana, dado su potencial para penetrar los pulmones y generar impactos adversos en el sistema respiratorio y cardiovascular. En este último inventario, se evidencian 3.591 toneladas anuales de MP2.5, mientras que para el MP10 se registran 5.886 toneladas por año.

Es esencial considerar que tanto los óxidos de nitrógeno (NOx) como los compuestos orgánicos volátiles (COV) son precursores en la formación del ozono troposférico, el cual es relevante

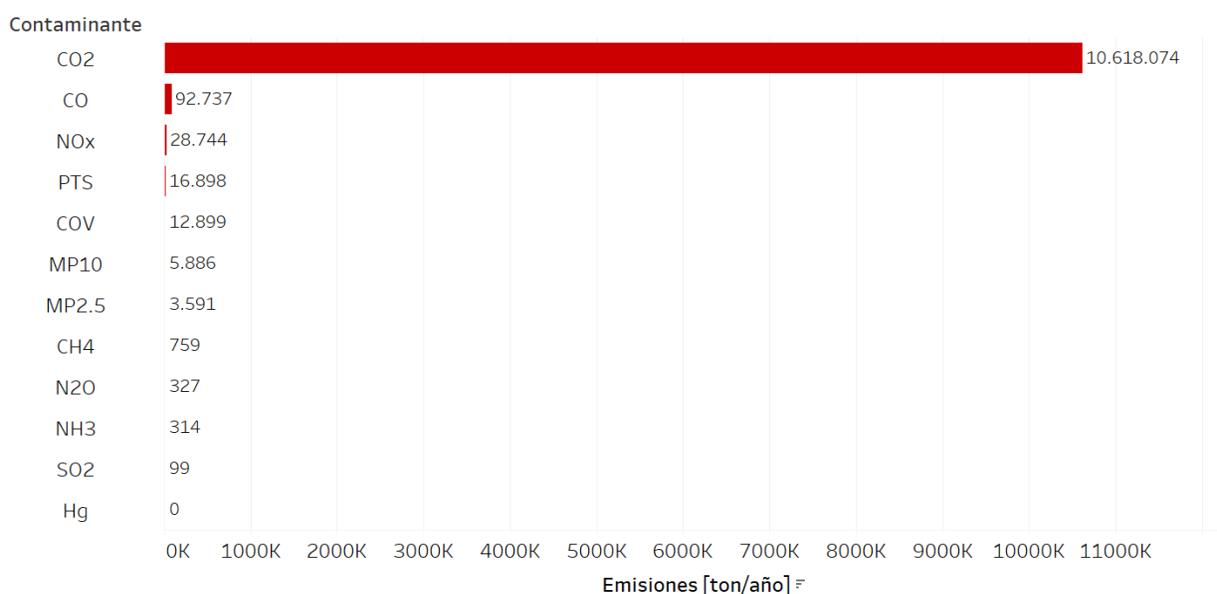
dentro del PPDA y posee propiedades tóxicas e irritantes para el sistema respiratorio humano. Las emisiones de NOx alcanzaron un total de 28.744 toneladas al año, mientras que los COV sumaron 12.899 toneladas anuales.

**Tabla 8-4 Inventario de emisiones atmosféricas 2022 [ton/año].**

Contaminante	Emisiones
MP2.5	3.591
MP10	5.886
PTS	16.898
NOx	28.744
COV	12.899
CO	92.737
SO2	99
NH3	314
N2O	327
CO2	10.618.074
CH4	759
Hg	8,E-04

Fuente: Elaboración propia.

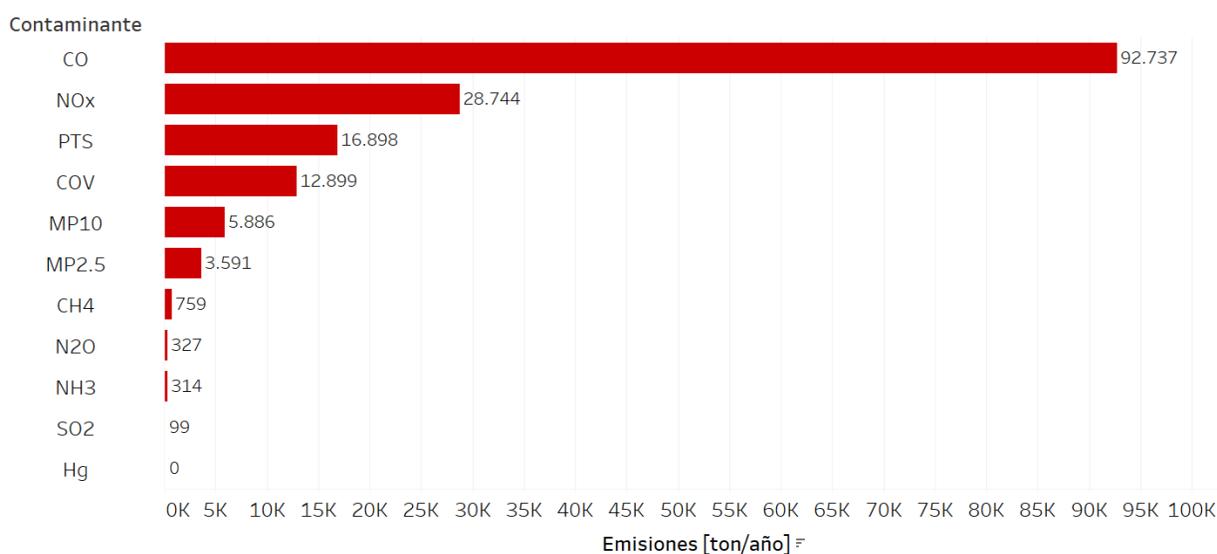
La Figura 8-7 ofrece una representación gráfica del inventario de emisiones, ordenando los contaminantes de manera decreciente. El CO2 se destaca como un contribuyente importante en el inventario, alcanzando una cifra considerable de 10,5 millones de toneladas anuales. Le sigue el CO, con un registro de 92.377 toneladas al año. Las emisiones de monóxido de carbono están estrechamente ligadas al sector del transporte, surgiendo de la combustión incompleta de combustibles fósiles. La significativa presencia de estas emisiones conlleva un riesgo sustancial para la salud pública, ya que el CO resulta altamente tóxico. Por otro lado, el CO2 corresponde a uno de los gases de efecto invernadero más importantes, por lo que concentraciones elevadas contribuyen significativamente al desafío global del cambio climático.



**Figura 8-7 Emisiones totales por contaminante 2022 [ton/año].**

Fuente: Elaboración propia

La Figura 8-8 presenta el inventario de emisiones sin considerar al CO2, posibilitando una visualización más precisa de la contribución de los otros contaminantes.



**Figura 8-8 Emisiones totales por contaminante 2022 [ton/año], excluyendo CO2.**

Fuente: Elaboración propia

## 8.2 Resultados por categoría de vehículo

Si bien la Tabla 8-1 presentaba desgloses detallados de las emisiones de contaminantes según categorías vehiculares y tipos de descarga, no contempla la participación del sector de motos y bicimotos. En este apartado, se explorarán los resultados del inventario de emisiones segmentado por categorías vehiculares, con el propósito de comprender y evaluar la contribución específica de cada una de ellas en las emisiones de los distintos contaminantes.

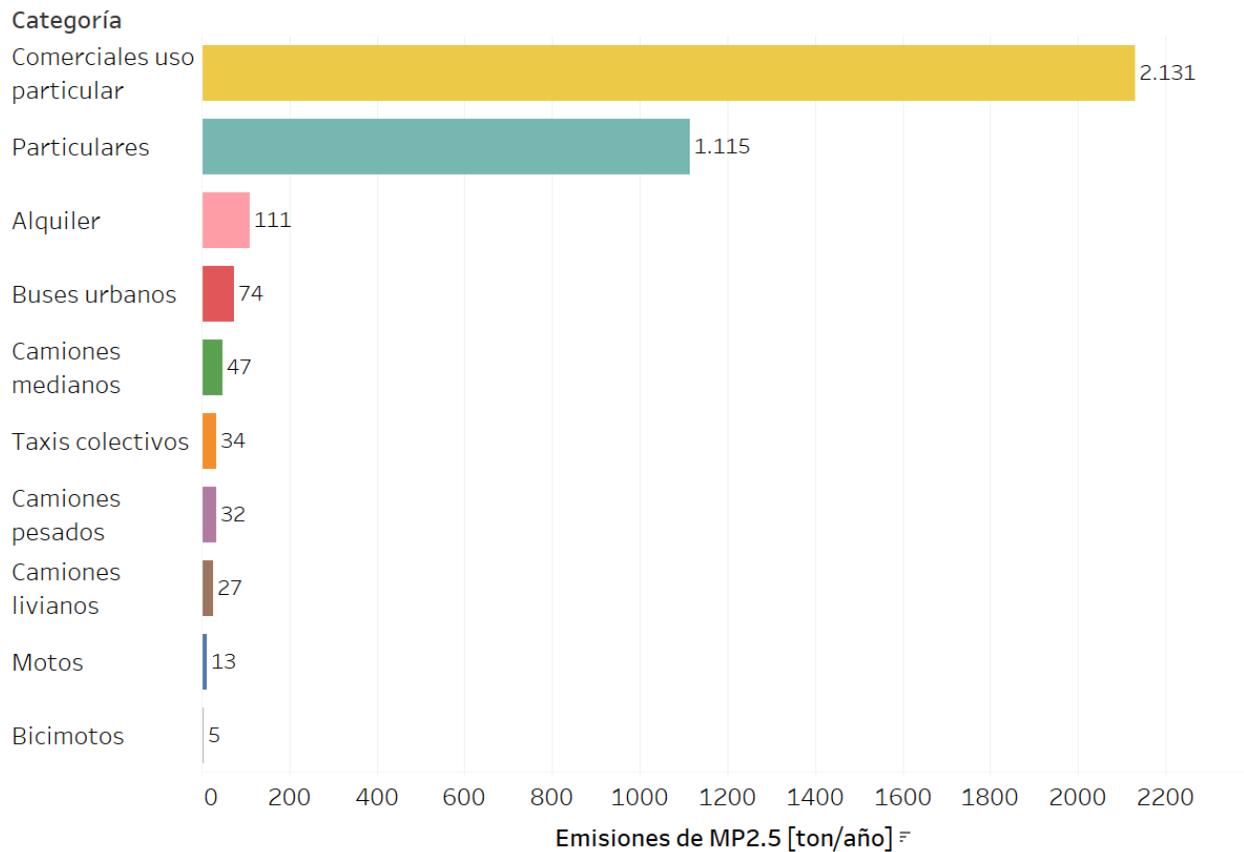
En la Tabla 8-5 se muestran las emisiones de contaminantes para las 10 categorías de vehículos consideradas dentro del inventario. Se puede observar que para las emisiones de MP2.5, MP10 y NOx, la categoría vehicular con más emisiones corresponde a la de comerciales de uso particular, seguida por los vehículos particulares. Para las emisiones de CO y COV estas categorías siguen ocupando los dos primeros lugares, pero en orden invertido, siendo los vehículos particulares los que presentan una mayor cifra, seguido por los comerciales de uso particular. Desde la Figura 8-9 hasta la Figura 8-13 se muestran gráficos para distintos contaminantes segmentado por cada categoría vehicular, permitiendo una mayor comprensión y evaluación de las cifras.

**Tabla 8-5 Emisiones por categoría vehicular 2022 [ton/año].**

Categoría	MP2.5	MP10	PTS	NOx	COV	CO	SO2	NH3	N2O	CO2	CH4	Hg
Particulares	1.115	2.322	8.106	7.982	9.599	59.871	50	259	148	5.281.715	142	2,E-05
Comerciales uso particular	2.131	2.748	5.700	14.482	1.886	16.713	31	31	114	3.287.806	54	5,E-06
Taxis colectivos	34	97	401	198	107	946	2	4	4	254.058	3	7,E-07
Alquiler	111	303	1.225	782	224	1.756	7	7	33	743.887	5	2,E-06
Motos	13	13	13	599	607	11.735	2	5	5	290.232	497	8,E-04
Bicimotos	5	5	5	2	261	456	0,02	0,03	0,03	2.590	7	7,E-06
Buses urbanos	74	148	465	2.384	97	628	3	3	10	356.451	28	2,E-07
Camiones livianos	27	90	419	138	8	36	1	4	7	126.588	1	2,E-07
Camiones medianos	47	98	363	1.309	62	353	2	2	4	163.519	12	1,E-07
Camiones pesados	32	61	200	869	47	243	1	1	3	111.227	11	6,E-08

Fuente: Elaboración propia

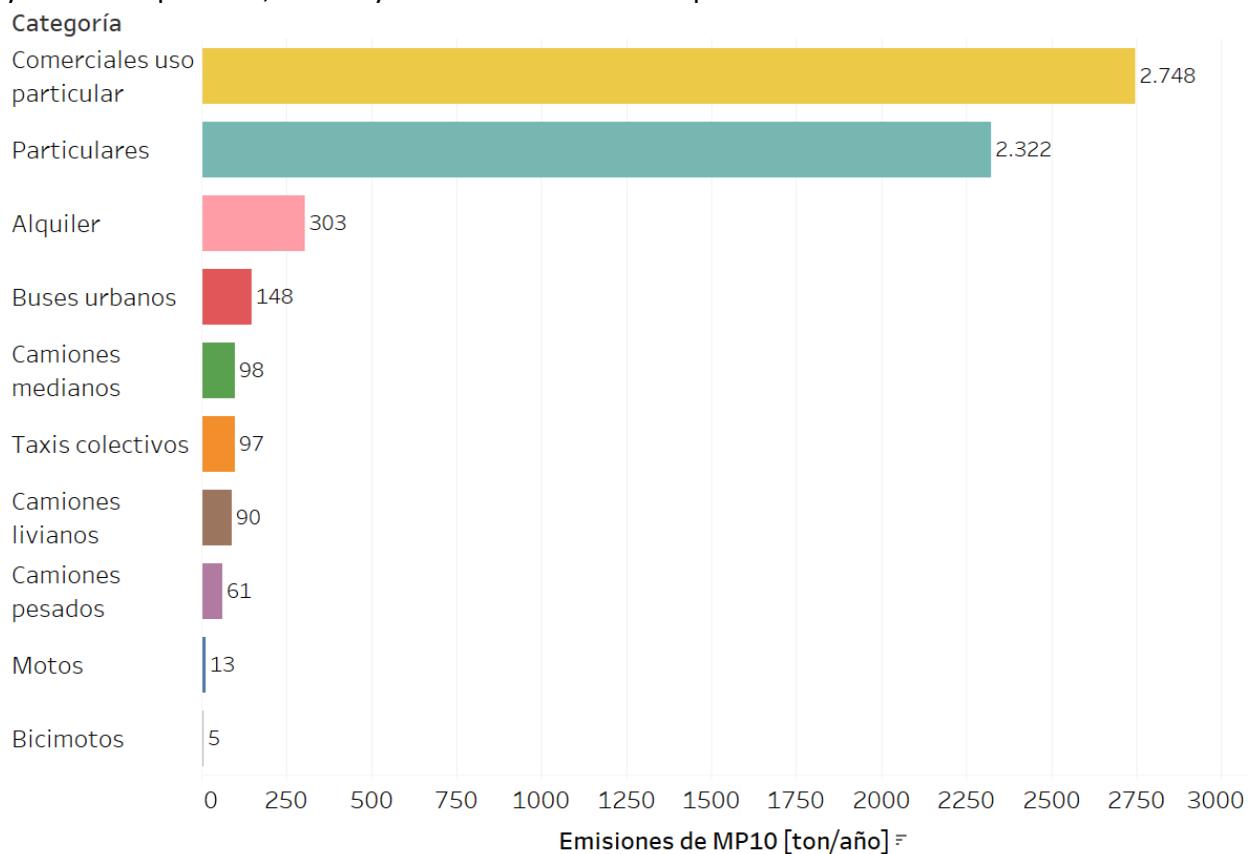
En la Figura 8-9 se puede apreciar que los vehículos comerciales de uso particular son los que más emiten MP2.5, alcanzando 2.131 ton/año. Le siguen los vehículos particulares con 1.115 toneladas anuales y los vehículos de alquiler con 111 toneladas. La categoría que menos contribuye a las emisiones de MP2.5 corresponde a las bicimotos, con 5 toneladas anuales. También presentan cifras bajas las motos y camiones livianos, con 13 y 27 toneladas al año respectivamente.



**Figura 8-9 Emisiones de MP2.5 por categoría de vehículo 2022 [ton/año].**

Fuente: Elaboración propia

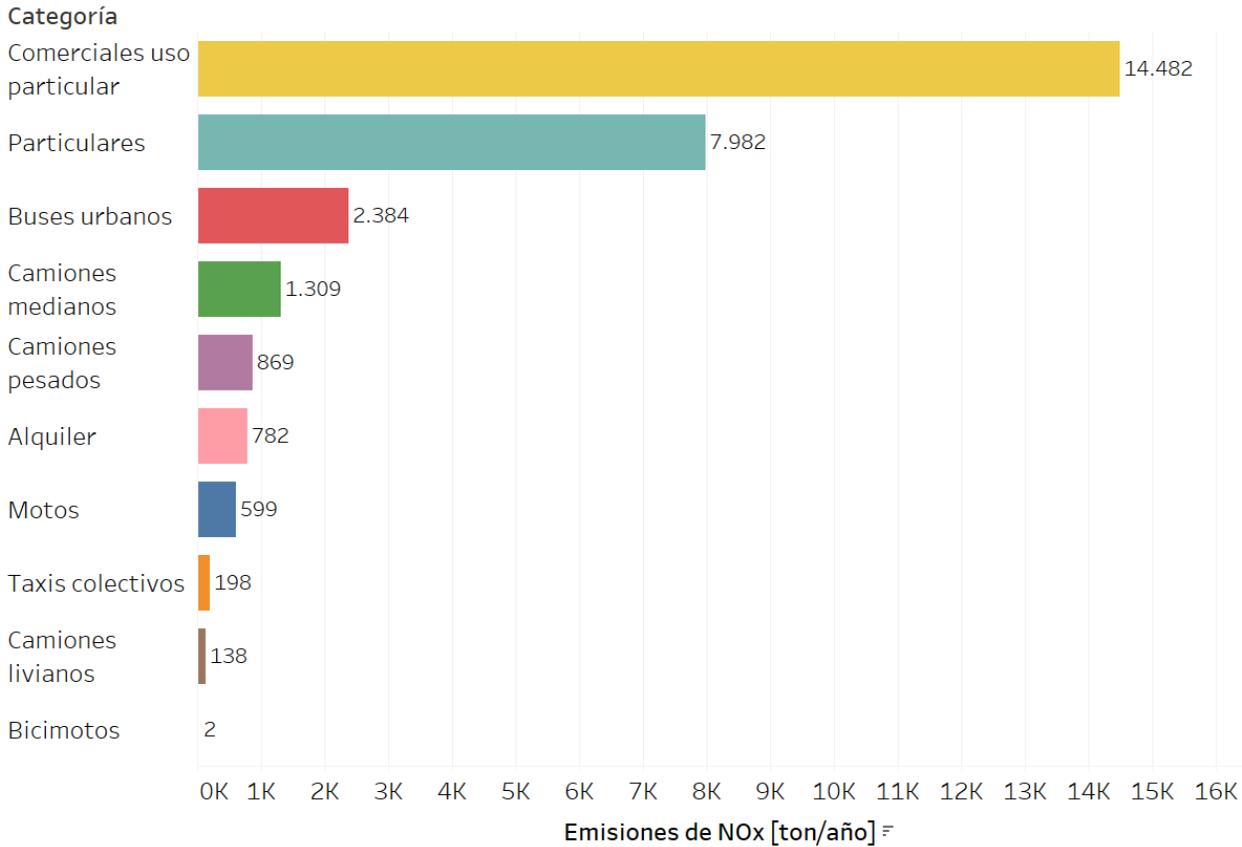
La Figura 8-10 muestra las emisiones por categoría para el MP10, en la cual se puede observar que los vehículos comerciales de uso particular son los que más emiten, alcanzando 2.748 ton/año. Le siguen de cerca los vehículos particulares con 2.322 toneladas anuales y los vehículos de alquiler con 303 ton/año. La categoría que menos contribuye a las emisiones de PM10 corresponde a las bicimotos, con 5 toneladas anuales. También presentan cifras bajas las motos y camiones pesados, con 13 y 61 toneladas al año respectivamente.



**Figura 8-10 Emisiones de MP10 por categoría de vehículo 2022 [ton/año].**

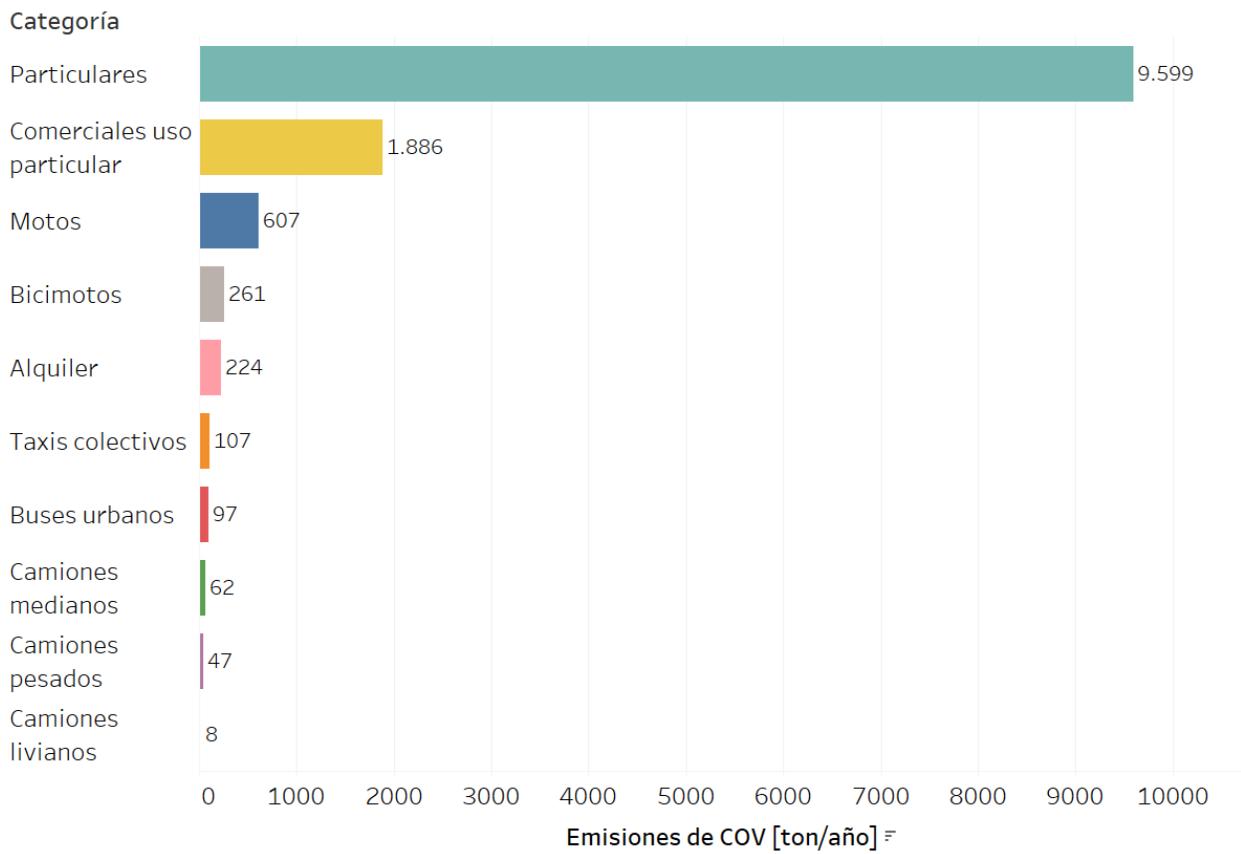
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8-11 se puede apreciar que los vehículos comerciales de uso particular son los que más emiten NOx, alcanzando 14.482 ton/año. Le siguen los vehículos particulares con 7.982 toneladas anuales y los buses urbanos con 2.384 ton/año. La categoría que menos contribuye a las emisiones de NOx corresponde a las bicimotos, con 2 toneladas anuales. También presentan cifras bajas los camiones livianos y los taxis colectivos, con 138 y 198 toneladas al año respectivamente.



**Figura 8-11 Emisiones de NOx por categoría de vehículo 2022 [ton/año].**  
Fuente: Elaboración propia

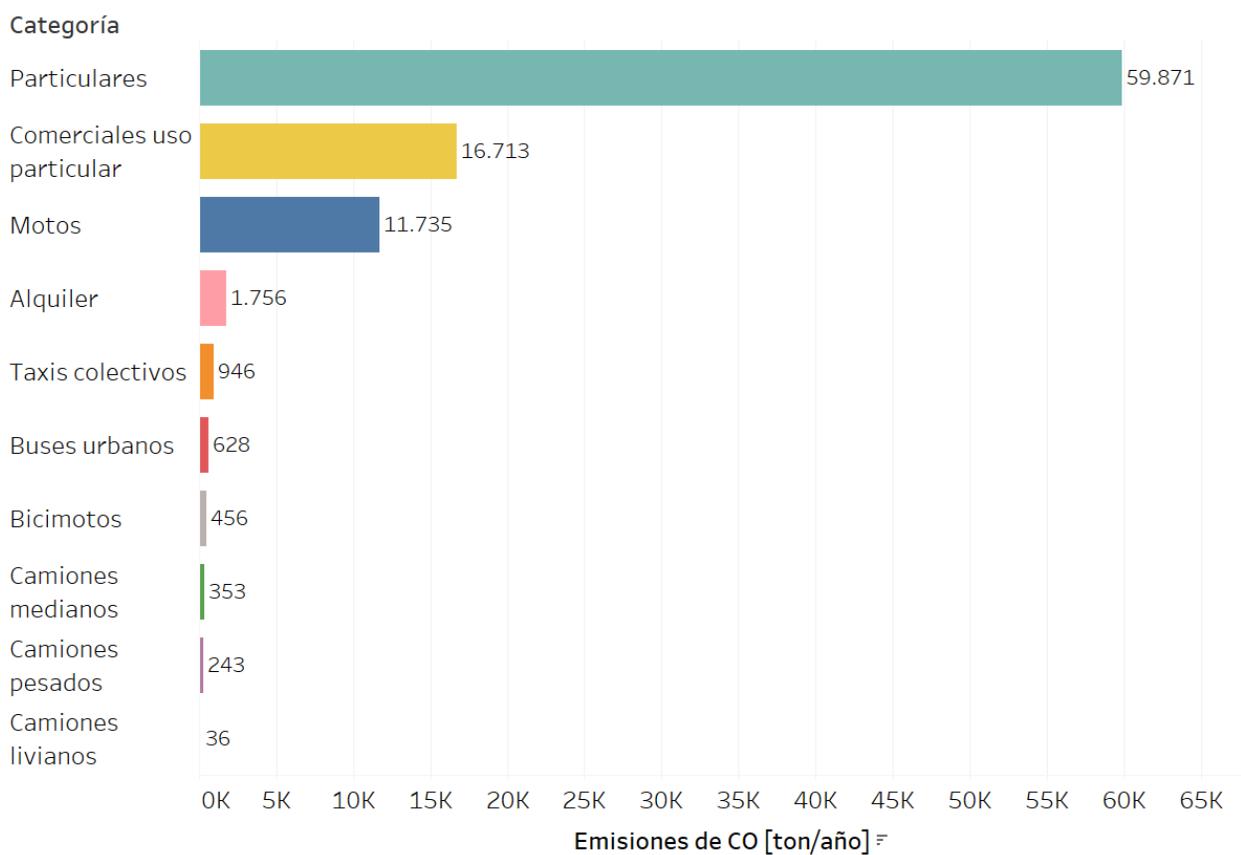
La Figura 8-12 muestra las emisiones por categoría para los COV, en la cual se puede observar que los vehículos particulares son los que más emiten, alcanzando 9.599 ton/año. Le siguen los vehículos comerciales de uso particular, con 1.886 toneladas anuales, y las motos con 607 toneladas al año. La categoría que menos contribuye a las emisiones de COV corresponde a los camiones livianos, con 8 toneladas anuales. También presentan cifras bajas los camiones pesados y camiones medianos, con 47 y 62 toneladas al año respectivamente.



**Figura 8-12 Emisiones de COV por categoría de vehículo 2022 [ton/año].**

Fuente: Elaboración propia

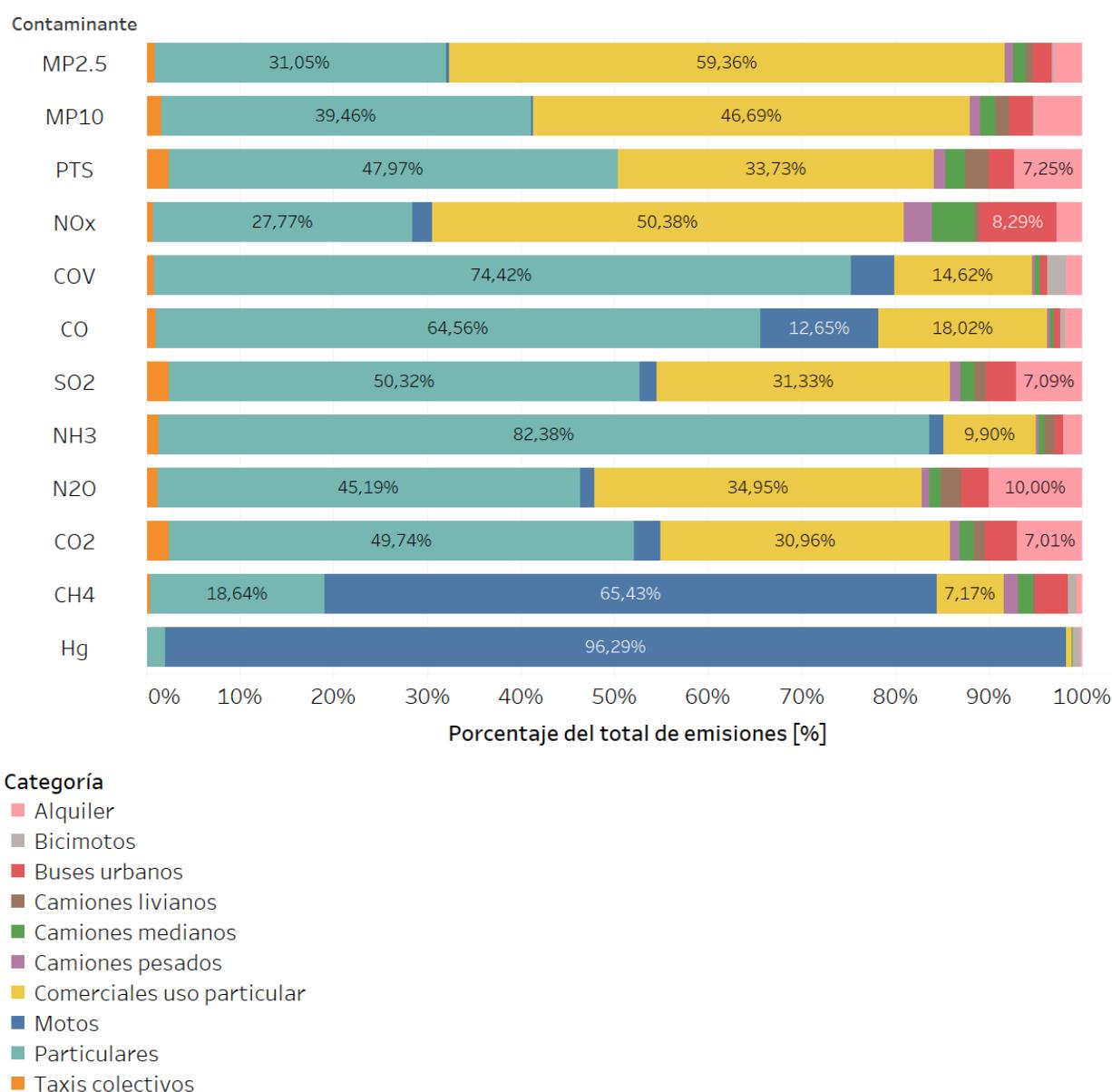
La Figura 8-13 muestra las emisiones por categoría para el CO, en la cual se puede observar que los vehículos particulares son los que más emiten, alcanzando 59.871 toneladas al año. Le siguen los vehículos comerciales de uso particular, con 16.713 toneladas anuales, y las motos con 11.735 toneladas al año. La categoría que menos contribuye a las emisiones de CO corresponde a los camiones livianos, con 36 toneladas anuales. También presentan cifras bajas los camiones pesados y camiones medianos, con 243 y 353 toneladas al año respectivamente.



**Figura 8-13 Emisiones de CO por categoría de vehículo 2022 [ton/año]**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8-14 se puede apreciar el porcentaje que compone cada categoría vehicular dentro del total de emisiones para cada contaminante. Dentro de este contexto, se destaca que los vehículos comerciales de uso particular emergen como una considerable fuente de emisiones, superando el 50% en la liberación de PM2.5 y NOx, y más del 30% para contaminantes como MP10, SO2, N2O, CO2. Por otro lado, los vehículos de uso particular también ejercen una influencia significativa en la contaminación, contribuyendo con más del 50% de las emisiones de COV, CO, NH3 y SO2, además de contribuir con más del 30% de emisiones para contaminantes como MP2.5, MP10, N2O y CO2. Las motocicletas, a pesar de ser menos numerosas en comparación con otros vehículos, tienen una presencia considerable en las emisiones de CH4 y Hg, representando el 65% y 96% del total, respectivamente. Además, se observa que los buses urbanos, a pesar de representar un segmento más reducido en comparación con otros tipos de vehículos, tienen un impacto no despreciable al componer el 8% de las emisiones de NOx, subrayando su relevancia en la generación de este contaminante específico.



**Figura 8-14 Porcentaje por categoría vehicular para las emisiones de cada contaminante.**  
Fuente: Elaboración propia

### 8.3 Comparación con inventarios anteriores

En la Tabla 8-6 se realizó una comparación con las emisiones atmosféricas obtenidas para el último inventario de emisiones publicado del sector transporte, en el marco del estudio “Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana” (USACH, 2014). Se puede observar que las emisiones de MP10 aumentaron en un 105%, siendo el contaminante que más ha aumentado desde el inventario

anterior. Este aumento significativo puede deberse principalmente a que las emisiones totales del inventario anterior no incluyeron la resuspensión de polvo para MP10 ni MP2.5, debido a inconsistencias en la información. Dichas inconsistencias surgieron debido a que el cálculo realizado para este tipo de descarga entregó cifras muy elevadas en comparación con las demás fuentes de material particulado en la Región Metropolitana, mientras que, mediciones realizadas por CONAMA y el MMA en años previos, no mostraban que existiera material particulado resuspendido en cantidades significativas. Dentro de este mismo contexto, es que podría explicarse el aumento de las emisiones para el MP2.5, que lograron un crecimiento del 50% respecto al último inventario.

Las emisiones de NOx mostraron una reducción del 27% en comparación con el inventario anterior. Se observa un patrón similar en el caso del CO y SOx, con disminuciones del 26% y 58%, respectivamente. En cuanto al último contaminante mencionado, la reducción podría explicarse debido a que en el inventario actual solo se consideró la concentración de SO2.

Las emisiones de NH3 han experimentado una reducción del 85% en comparación con el inventario anterior, lo cual podría atribuirse a una mejora en la tecnología y aumento generalizado de vehículos capaces de emitir menores concentraciones de amoníaco, en comparación con vehículos más antiguos.

Las emisiones de CO2 no presentaron un aumento significativo, logrando un aumento de 2% respecto al 2012. A pesar de que la cantidad de vehículos en el sector transporte ha aumentado, el hecho de que no se haya presentado un incremento significativo en las emisiones de CO2 puede deberse a distintas razones, como una transición a vehículos más eficientes en términos de emisiones de CO2.

**Tabla 8-6 Comparación inventario de emisiones 2012-2022 [ton/año].**

Contaminante	Emisiones 2012	Emisiones 2022	Variación
MP10	2.877	5.886	105%
MP2.5	2.398	3.591	50%
NOx	39.356	28.744	-27%
SOx	239	99 <sup>1</sup>	-58%
Hct	14.146	NC <sup>2</sup>	NC
CO	125.727	92.737	-26%
NH3	2.114	314	-85%
CO2	10.401.297	10.618.074	2%

Nota 1: Considera solamente el cálculo de SO2.

Nota 2: No calculado.

Fuente: Elaboración propia

## 8.4 Análisis del subsector bicimotos

Una forma de estimar el impacto de este subsector es analizar el efecto que tendría el reemplazo de estos vehículos por motos tradicionales. En base a esto se estimaron las emisiones del parque de bicimoto (asumiendo misma cantidad de vehículos y niveles de actividad) pero utilizando los factores de emisión de motos Euro 5 con motores menores a 250cc. Si bien los niveles de actividad es esperable que cambien según tipo de vehículo y no todos los reemplazos deberían ser hacia este tipo de motos (podrían ser a bicis eléctricas eliminando casi por completo la emisión), este ejercicio permite dimensionar el efecto de retirar estos vehículos de circulación. Además, se calculó el CO2 equivalente con el fin de evaluar desde una perspectiva más completa las consecuencias ambientales que tendría el recambio de bicimotos. Para esto, se utilizó el potencial de calentamiento global para un período de 100 años, obtenidos a partir del “*Climate Change 2014: AR5 Synthesis Report*” (IPCC, 2014) y el “*Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*” (IPCC, 2007), presentados en la Tabla 8-7.

**Tabla 8-7 Potenciales de calentamiento global para horizontes de 20 y 100 años.**

Potencial de calentamiento global	Horizonte de 100 años
CO2	1
CH4	28
N2O	265
CO	1,9
COV	2,83 <sup>1</sup>

Nota 1: Obtenido a partir del promedio de los GWP para NMVOCs.

Fuente: IPCC (2014) & IPCC (2007).

En la Tabla 8-8 se presenta una estimación de emisiones para las bicimotos y el escenario hipotético en el que estas son reemplazadas por motos Euro 5. Se observa una reducción significativa en las emisiones de MP2.5 y MP10, con una potencial disminución del 98% si se optara por retirar y reemplazar las bicimotos. Asimismo, se evidencian importantes reducciones del 79% en CO y del 99% para COV. Lo anterior proporciona argumentos que apoyan la fiscalización de las bicimotos, dado que esta medida contribuiría a la reducción anual de las emisiones de varios contaminantes locales contemplados en el PPDA. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este cambio resultaría en un aumento de las emisiones de NOx, que presentarían un alza de 246%.

El reemplazo de motocicletas también conllevaría un aumento en las emisiones de CO2. Esto tiene sentido considerando que este contaminante está directamente ligado al consumo de combustible, que se espera aumente en una moto sin pedaleo de asistencia. Se calcularon las emisiones equivalentes de CO2 para un período de 100 años, revelando una reducción del 11% para el escenario hipotético de reemplazo de vehículos. Por consiguiente, con el recambio de bicimotos a motos las emisiones de CO2 podrían elevarse, pero al mismo tiempo se reducen las concentraciones para otros contaminantes, como el CH4, CO y COV, los cuales expresados en CO2eq demuestran no se estaría contribuyendo en la problemática del calentamiento global.

**Tabla 8-8 Comparación emisiones bicimotos con motos < 250 cc Euro 5.**

Contaminante	Unidad	Bicimoto	Moto < 250cc, Euro 5	Reducción/Aumento	Variación
MP2.5	[ton/año]	5,46	0,11	-5,4	-98%
MP10	[ton/año]	5,46	0,11	-5,4	-98%
PTS	[ton/año]	5,46	0,11	-5,4	-98%
NOx	[ton/año]	1,7	6,02	4,3	246%
COV	[ton/año]	261	1,31	-259	-99%
CO	[ton/año]	456	94	-362	-79%
SO2	[ton/año]	0,015	0,02	0,007	44%
NH3	[ton/año]	0,031	0,1	0,028	90%
N2O	[ton/año]	0,031	0,1	0,031	100%
CO2	[ton/año]	2.590	3.544	954	37%
CH4	[ton/año]	6,8	6,2	-0,59	-9%
Hg	[ton/año]	7,E-06	1,E-05	3,E-06	44%
DLCs	[ton I-Teq /año]	3,E-10	8,E-11	-2,E-10	-74%
CO2eq-100años	[ton/año]	4.393	3.917	-476	-11%

Fuente: Elaboración propia

## 9. Conclusiones

En este informe se muestran los principales resultados respecto a los objetivos planteados para el estudio, principalmente la definición de la metodología que permitió desarrollar el inventario de emisiones atmosféricas del sector transporte en ruta, además de la obtención y caracterización de las fuentes de información necesarias para la aplicación de la metodología. Esta se dividió en dos enfoques principales: utilización de un modelo de emisiones vehiculares de fuentes móviles (MODEM) para todas las categorías con excepción de “motos y bicimotos”, para las cuales se utilizó EMEP Tier 2, además de realizar un levantamiento de información en terreno con el fin de conocer el nivel de actividad de las bicimotos.

A partir de la etapa de caracterización de las fuentes de información solicitada a diversos servicios públicos como el INE, MOP y SECTRA, se obtuvieron importantes observaciones. Las fuentes móviles que más relevancia adquieren debido a su gran presencia dentro del sector transporte corresponden a los automóviles, station wagon, camionetas y motos. Los automóviles y camionetas no solo representan un gran porcentaje de los pagos de permisos de circulación, sino que también componen la mayor parte del flujo observado en las autopistas concesionadas. Además, las camionetas corresponden a la categoría vehicular con el mayor promedio de kilometraje acumulado, obtenido en base a los registros de las plantas de revisión técnica, a partir de las cuales también se pudo analizar que la mayoría de las categorías vehiculares recorren anualmente menos de 10.000 kilómetros.

La calidad de los datos recopilados se destaca por su origen en fuentes de servicios públicos, lo que garantiza un nivel de fiabilidad y precisión. No obstante, es fundamental señalar que esta calidad se ve ligeramente comprometida en el caso de la información obtenida dentro de las PRT, debido a que su proceso de registro se efectúa de forma manual, lo cual conlleva un mayor riesgo de introducir errores de naturaleza humana en los datos. Respecto a la información obtenida a partir de la encuesta, la calidad y precisión de las respuestas puede estar sujeta a ciertas limitaciones, en especial para la distancia recorrida en un día, ya que suele basarse en estimaciones aproximadas basadas en el número de pedido y distancias destino, en lugar de mediciones precisas.

Los resultados obtenidos a partir de los cálculos de emisiones con el modelo MODEM y la metodología Tier 2 específica para calcular las emisiones de motos y bicimotos, permitieron la creación del inventario de emisiones atmosféricas del sector transporte en la Región Metropolitana correspondiente al año 2022. Comparando con el último inventario realizado, se evidencia un incremento del 105% en las emisiones de MP10 y del 50% en las de MP2.5, lo cual se puede atribuir a la inclusión del polvo resuspendido en el inventario actual, revelando una fuente significativa de contaminación anteriormente subestimada. Sin embargo, se observa una disminución del 27% en las emisiones de NOx y del 26% en las de CO, posiblemente como resultado de medidas implementadas o cambios en la tecnología vehicular que han logrado reducir estas emisiones.

Dentro del análisis realizado por categoría vehicular, destaca la contribución de los vehículos particulares y comerciales de uso particular, siendo los principales emisores para los contaminantes de MP2.5, MP10 y NOx. En particular, los vehículos comerciales de uso privado contribuyen con más del 50% de las emisiones de MP2.5 y NOx, y más del 30% de las emisiones de MP10. Estos hallazgos destacan la necesidad de regulaciones y medidas específicas para dichas categorías vehiculares. Asimismo, al examinar los tipos de descarga, se evidencia que las partículas de MP2.5 y MP10 provienen principalmente del tubo de escape y el polvo resuspendido, mientras que, en el caso de los NOx, COV y CO, el tubo de escape corresponde a la principal fuente de estas emisiones. Estos datos permiten identificar áreas en las cuales se podría enfocar estrategias de control más precisas.

En relación con el subsector de bicimotos, se logró evidenciar que el reemplazo por motos Euro 5 tendría beneficios en la reducción de ciertos contaminantes locales, como MP2.5, MP10, CO y COV.

En el contexto de la revisión y actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, el desarrollo de este inventario representa un pilar fundamental en la formulación de políticas públicas y prácticas que busquen reducir las emisiones, permitiendo avanzar hacia la sostenibilidad ambiental y mejorar la calidad de vida en los entornos urbanos. Además, resulta esencial para la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas de mitigación, tales como la promoción de tecnologías de vehículos más limpios, el aumento de la eficiencia del combustible, la inversión en infraestructura para el transporte público o la promoción de opciones de movilidad sostenible.

## 10. Bibliografía

Dictuc. (2016). *Actualización de perfiles de flujos del modelo MODEM para el Gran Santiago y regiones*. <https://www.sectra.gob.cl/biblioteca/detalle1.asp?mfn=3377>

EMEP/EEA. (2023). *1.A.3.b.i-iv. Road Transport*. In *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2023*.

ENAP. (2019). *REPORTE DE SOSTENIBILIDAD 2019*.

GreenLab Dictuc. (2022). *ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE FUENTES DIFUSAS PARA LA GENERACIÓN DEL DÉCIMO SEXTO INFORME CONSOLIDADO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE CONTAMINANTES DEL RETC*.

Hurtubia, R., Jahn, W., Sánchez, J., (2023). *Emisiones de motores mosquito y sus impactos*. Documento para Política Pública N°32. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago. <https://doi.org/10.7764/cedeus.dpp.32>

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri, and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2020). *Manual de Usuario MODEM 6.0*.

USACH. (2014). *Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana*.

## 11. Anexos

### 11.1 Anexo 1: Diccionario de categorías ESTRAUS a CCF6.

Tabla 11-1 Diccionario de categorías ESTRAUS a CCF6.

CCF6	Categoría ESTRAUS
Particulares	F_VAR
Alquiler	F_VAR
Comerciales uso particular	F_VAR
Camiones livianos	F_CAM
Camiones medianos	F_CAM
Motocicletas	F_VAR
Taxis colectivos	F_COL
Buses urbanos	F_BUSU
Camiones pesados	F_CAM

Fuente: Elaboración propia

### 11.2 Anexo 2: Diccionarios de códigos PRT a clasificación CCF8.

Según el nombre asociado a cada CCF8 se realizó un desglose de este nombre en distintas categorías para homologar todos los tipos de vehículos entregados en las bases de datos de los permisos de circulación. Los campos en blanco en las columnas de CCF8, indican a códigos PRT que no aplican a la categoría descrita CCF8.

Tabla 11-2 Diccionario de tipo de vehículo PRT a CCF8.

Código	Glosa	Tipo Vehículo CCF8
1	AUTOMOVIL	Vehículo Liviano
2	CAMIONETA (CAP. DE CARGA MENOR A 1.750 KGS.) [B] (A2)	Vehículo Liviano
3	FURGON (CAP. DE CARGA MENOR A 1.750 KGS.) [B]	Vehículo Liviano
4	STATION WAGON	Vehículo Liviano
5	JEEP	Vehículo Liviano
6	MOTOCICLETA	Moto
7	TRICICLO MOTORIZADO	Moto
8	REMOLQUE O SEMIREMOLQUE [B]	Vehículo Liviano
9	MINIBUS PARTICULAR [B]	Vehículo Liviano
10	COCHE MORTUORIO	Vehículo Comercial
11	BUGGI	Vehículo Liviano
12	CUATRIMOTO	Moto
13	LIMUSINA	Vehículo Comercial
14	AMBULANCIA (CAP. CARGA MENOR A 1.750 KGS.) [B]	Vehículo Comercial
15	CARROBOMBA (CAP. CARGA MENOR A 1.750 KGS.) [B]	Vehículo Comercial
16	CASA RODANTE MOTORIZADA (CAP. CARGA MENOR A 1.750 KGS.) [B]	Vehículo Liviano
17	AUTOMOVIL (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Comercial
18	CAMIONETA (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Comercial
19	FURGON (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Comercial
20	MOTOCICLETA (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Comercial
21	BUS (ANTIGUO O HISTORICO)	Bus
22	TAXIBUS (ANTIGUO O HISTORICO)	Bus
23	MINIBUS (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Comercial
24	CAMION (ANTIGUO O HISTORICO)	Camión
25	JEEP (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Liviano
26	STATION WAGON (ANTIGUO O HISTORICO)	Vehículo Liviano
27	CARROBOMBA (ANTIGUO O HISTORICO)	Camión
101	BUS	Bus
102	BUS PULLMAN	Bus
103	BUS 2 PISOS	Bus
104	TROLEBUS	Bus
105	BUS LIVIANO (SOLO SERVICIO URBANO)	Bus
106	BUS MEDIANO (SOLO SERVICIO URBANO)	Bus
107	BUS PESADO (SOLO SERVICIO URBANO)	Bus
108	BUS CLASE A1 < 9 m	Bus
109	BUS CLASE A2 >= 9 m y < 11 m	Bus
110	BUS CLASE B >= 11 m y < 14 m	Bus
111	BUS CLASE C >= 14 m y < 18 m	Bus
115	CASA RODANTE MOTORIZADA (CAP. CARGA MAYOR A 1.750 KGS.) [A2]	Vehículo Mediano

Código	Glosa	Tipo Vehículo CCF8
116	AMBULANCIA (CAP. CARGA MAYOR A 1.750 KGS.) [A2]	Vehículo Mediano
117	CARROBOMBA (CAP. CARGA MAYOR A 1.750 KGS.) [A2]	Camión
118	STATION WAGON [A2]	Vehículo Comercial
201	TAXIBUS	Bus
202	TAXIBUS PULLMAN	Bus
203	MINIBUS	Vehículo Comercial
204	TAXI TURISMO	Taxi
205	TAXI BASICO	Taxi
206	TAXI COLECTIVO	Taxi
207	TAXI EJECUTIVO	Taxi
208	AUTO ESCUELA	Vehículo Comercial
210	BUS CLASE A >= 8 m y < 11 m	Bus
211	BUS CLASE B1 >= 11 m y < 12 m	Bus
212	BUS CLASE B2 >= 12 m y < 14 m	Bus
213	BUS CLASE C1 >= 14 m y < 16,5 m	Bus
214	BUS CLASE C2 >= 16,5 m y < 18 m	Bus
215	BUS CLASE D >= 10 m y < 13 m Bus de dos pisos	Bus
221	CAMIONETA (CAP. DE CARGA MAYOR A 1.750 KGS.) [A2]	Vehículo Mediano
222	CAMION	Camión
224	TRACTO CAMION	Camión
225	FURGON (CAP. DE CARGA MAYOR A 1.750 KGS.) [A2]	Vehículo Mediano
226	REMOLQUE [A2]	Vehículo Mediano
227	SEMI-REMOLQUE [A2]	Vehículo Mediano
241	TRACTOR	Camión
242	COSECHADORA	
243	BULLDOZER	
244	PALA MECANICA	
245	CARGADOR FRONTAL	
246	MOTONIVELADORA	
247	RETROEXCAVADORA	
248	SEMBRADORA	
249	APLANADORA	
250	GRUA	
251	TRAILLA	
252	MAQUINARIA INDUSTRIAL	
253	MAQUINARIA AGRICOLA	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11-3 Diccionario de tipo de servicio PRT a Uso y Locación CCF8.**

Código	Glosa	Uso CCF8	Locación CCF8
0	NO CORRESPONDE	Particular	
1	REPARTO [A2] [B]	Comercial	
2	FLETES [A2] [B]	Comercial	
3	PRIVADO-PARTICULAR [A1] [A2] [B]	Particular	
4	TURISMO [A1] [A2]	Comercial	
5	ESCOLAR [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Urbano
6	URBANO LICITADO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Urbano
7	RURAL NO LICITADO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Rural
8	INTERURBANO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Interurbano
9	AEROPUERTO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Urbano
10	URBANO NO LICITADO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Urbano
11	EXPRESO [A1]	Transporte de Pasajeros	Urbano
12	PRIVADO - REMUNERADO [A1] [A2]	Particular	
13	TAXI [A2]	Transporte de Pasajeros	
14	CARGA PROPIA [A2]	Comercial	
15	RURAL LICITADO [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	Rural
16	TAXI COLECTIVO URBANO [A2]	Transporte de Pasajeros	
17	TAXI COLECTIVO RURAL [A2]	Transporte de Pasajeros	Rural
18	TAXI TURISMO [A2]	Transporte de Pasajeros	
19	TAXI EJECUTIVO [A2]	Transporte de Pasajeros	
20	PERIFERICO RURAL SOLO R.M. [A1] [A2]	Transporte de Pasajeros	
999	OTRO	Particular	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11-4 Diccionario de tipo de combustible PRT a CCF8.**

Código	Glosa	Combustible CCF8
0	NO MOTORIZADO	
1	GASOLINA	Bencina
2	DIÉSEL	Diésel
3	GLP (GAS LICUADO PETROLEO)	GLP
4	ELECTRICO	Eléctrico
5	GNC (GAS NATURAL COMPRIMIDO)	GNC
6	DUAL (GASOLINA Y GNC)	Dual (Gasolina y GNC)
7	DUAL (GASOLINA Y GLP)	Dual (Gasolina y GLP)
8	DUAL (DIÉSEL Y GNC)	Diésel
9	DUAL (DIÉSEL Y GLP)	Diésel
10	GNL (GAS NATURAL LICUADO)	GNL

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11-5 Diccionario de tipo de certificación PRT a CCF8.**

Código	Glosa	Certificación CCF8
0	NO CERTIFICADO	Sin Norma
1	EPA 91 o EURO I	Euro 1
2	EPA 94 o EURO II	Euro 2
3	EPA 98 o EURO III	Euro 3
4	EURO IV	Euro 4
5	EURO V	Euro 5
6	EURO III AVANZADO	Euro 3
7	EURO III AVANZADO CON FILTRO DE PARTÍCULAS	Euro 3
8	EURO VI	Euro 6

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11-6 Diccionario de código de sello a CCF8.**

Código	Glosa	Sello CCF8
0	No catalítico	No Catalítico
1	Catalítico	Catalítico

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11-7 Diccionario de código de tara a CCF8.**

Tara	Tara CCF8
3	Pesado
1	Liviano
2	Medio

Fuente: Elaboración propia.

### 11.3 Anexo 3: Composición nuevas tecnologías en las PRT.

**Tabla 11-8 Composición nuevas tecnologías en las PRT.**

Tipo Vehículo CCF8	Cantidad	Nuevas tecnologías 2022	Cantidad de vehículos	% del tipo de vehículo
Bus	18.592	Bus Comercial Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
		Bus Particular Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
		Bus Transporte de Pasajeros Liviano GNC Euro 1 Catalítico Rural	0	0,00
Camión	67.891	Camión Transporte de Carga Liviano Eléctrico Sin Norma Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Liviano GLP Sin Norma Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Pesado Eléctrico Sin Norma Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Pesado GLP Euro 2 Catalítico	0	0,00

		Camión Transporte de Carga Pesado GLP Euro 3 Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Pesado GLP Euro 5 Catalítico	0	0,00
		Camión Transporte de Carga Pesado GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
<b>Moto</b>	67.307	Moto Comercial Liviano Eléctrico Sin Norma No Catalítico	0	0,00
		Moto Particular Liviano Eléctrico Sin Norma Catalítico	46	0,00
		Moto Particular Liviano Eléctrico Sin Norma No Catalítico	24	0,00
<b>Taxi</b>	39.163	Taxi Comercial Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
		Taxi Transporte de Pasajeros Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
<b>Vehículo Comercial</b>	20.859	Vehículo Comercial Particular Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 5 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Comercial Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 3 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Comercial Particular Liviano GLP Euro 3 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Comercial Transporte de Pasajeros Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 3 Catalítico	1	0,00
<b>Vehículo Liviano</b>	1.537.316	Vehículo Liviano Comercial Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 3 Catalítico	4	0,00
		Vehículo Liviano Comercial Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Liviano Comercial Liviano GNL Euro 5 No Catalítico	0	0,00
		Vehículo Liviano Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 1 Catalítico	59	0,00
		Vehículo Liviano Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 3 Catalítico	59	0,00
		Vehículo Liviano Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 3 No Catalítico	0	0,00
		Vehículo Liviano Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Sin Norma Catalítico	59	0,00
		Vehículo Liviano Particular Liviano GNC Euro 1 Catalítico	0	0,00
<b>Vehículo Mediano</b>	23.041	Vehículo Mediano Comercial Liviano Diésel Euro 6 Catalítico	61	0,00
		Vehículo Mediano Comercial Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 3 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Comercial Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 4 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Comercial Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 5 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Comercial Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 5 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Particular Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 3 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Particular Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 4 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Particular Liviano Dual (Gasolina y GLP) Euro 5 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Particular Liviano Dual (Gasolina y GNC) Euro 4 Catalítico	0	0,00
		Vehículo Mediano Transporte de Pasajeros Liviano Diésel Euro 1 Catalítico	0	0,00

Fuente: Elaboración propia.

## 11.4 Anexo 4: Comparación de composición tecnológica porcentual 2021-2022.

**Tabla 11-9 Comparación de composición tecnológica años 2021-2022.**

CCF8	Nombre	2021	2022
70100101	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 1	14,7%	11,3%
70100102	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 3	11,1%	8,5%
70100103	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros sin norma	0,6%	0,5%
70100105	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 1	1,4%	1,0%
70100106	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 4	15,9%	12,3%
70100107	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 3	1,8%	1,4%
70100108	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 4	3,0%	2,3%
70100110	Vehículos livianos de pasajeros diésel sin norma	0,0%	0,0%
70100111	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 5	7,8%	6,1%
70100113	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 6	0,8%	2,2%
70100114	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 5	30,2%	27,0%
70100115	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 6	12,4%	26,9%
70100116	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70100117	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 2	0,0%	0,0%
70100118	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) sin norma	0,0%	0,0%
70100119	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 1	0,0%	0,0%
70100120	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 2	0,0%	0,0%
70100121	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 3	0,0%	0,0%
70100122	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 4	0,0%	0,0%
70100123	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 5	0,1%	0,1%
70100124	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GLP) Euro 6	0,0%	0,0%
70100125	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GNC) Euro 4	0,0%	0,0%
70100126	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GNC) Euro 5	0,0%	0,0%
70100127	Vehículos livianos de pasajeros dual (gasolina + GNC) Euro 6	0,0%	0,0%
70100128	Vehículos livianos de pasajeros GLP sin norma	0,0%	0,0%
70100129	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 1	0,0%	0,0%
70100130	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 2	0,0%	0,0%
70100131	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 3	0,0%	0,0%
70100132	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 4	0,0%	0,0%
70100133	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 5	0,0%	0,0%
70100134	Vehículos livianos de pasajeros GLP Euro 6	0,0%	0,0%
70100135	Vehículos livianos de pasajeros a GNC Euro 4	0,0%	0,0%
70100136	Vehículos livianos de pasajeros a GNC Euro 5	0,0%	0,0%
70100137	Vehículos livianos de pasajeros a GNC Euro 6	0,0%	0,0%
70100138	Vehículos livianos de pasajeros gasolinero híbrido Euro 4	0,0%	0,0%
70100139	Vehículos livianos de pasajeros gasolinero híbrido Euro 5	0,0%	0,0%
70100140	Vehículos livianos de pasajeros gasolinero híbrido Euro 6	0,0%	0,0%
70100144	Vehículos livianos de pasajeros eléctricos	0,1%	0,3%
70100201	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	1,5%	0,7%
70100202	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	0,9%	0,4%
70100203	Vehículos de alquiler gasolineros sin norma	0,1%	0,0%
70100205	Vehículos de alquiler diésel Euro 1	0,8%	0,6%
70100206	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	1,4%	0,7%
70100207	Vehículos de alquiler diésel Euro 3	0,8%	0,5%
70100208	Vehículos de alquiler diésel Euro 4	1,0%	0,7%
70100210	Vehículos de alquiler diésel sin norma	0,0%	0,0%
70100211	Vehículos de alquiler diésel Euro 5	2,4%	2,2%
70100212	Vehículos de alquiler diésel Euro 6	62,7%	65,8%
70100213	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 5	2,1%	1,3%
70100214	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 6	26,2%	26,8%
70100215	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70100216	Vehículos de alquiler diésel Euro 2	0,0%	0,0%
70100217	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) sin norma	0,0%	0,0%
70100218	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 1	0,0%	0,0%
70100219	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 2	0,0%	0,0%
70100220	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 3	0,0%	0,0%
70100221	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 4	0,0%	0,0%
70100222	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 5	0,0%	0,0%
70100223	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GLP) Euro 6	0,0%	0,0%
70100224	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GNC) Euro 4	0,0%	0,0%

CCF8	Nombre	2021	2022
70100225	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GNC) Euro 5	0,0%	0,0%
70100226	Vehículos de alquiler dual (gasolina + GNC) Euro 6	0,0%	0,0%
70100227	Vehículos de alquiler GLP sin norma	0,0%	0,0%
70100228	Vehículos de alquiler GLP Euro 1	0,0%	0,0%
70100229	Vehículos de alquiler GLP Euro 2	0,0%	0,0%
70100230	Vehículos de alquiler GLP Euro 3	0,0%	0,0%
70100231	Vehículos de alquiler GLP Euro 4	0,0%	0,0%
70100232	Vehículos de alquiler GLP Euro 5	0,0%	0,0%
70100233	Vehículos de alquiler GLP Euro 6	0,0%	0,0%
70100234	Vehículos de alquiler a GNC Euro 4	0,0%	0,0%
70100235	Vehículos de alquiler a GNC Euro 5	0,0%	0,0%
70100236	Vehículos de alquiler a GNC Euro 6	0,0%	0,0%
70100237	Vehículos de alquiler gasolinero híbrido Euro 4	0,0%	0,0%
70100238	Vehículos de alquiler gasolinero híbrido Euro 5	0,0%	0,0%
70100239	Vehículos de alquiler gasolinero híbrido Euro 6	0,0%	0,0%
70100243	Vehículos de alquiler eléctricos	0,1%	0,3%
70100301	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1	1,8%	1,1%
70100302	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3	2,2%	1,8%
70100303	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros sin norma	3,0%	1,4%
70100304	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 1	2,0%	1,3%
70100305	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 3	39,9%	39,6%
70100308	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2	0,9%	0,7%
70100312	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 4	0,8%	0,6%
70100313	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel sin norma	0,2%	0,1%
70100314	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 4	0,8%	0,3%
70100315	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 5	36,6%	36,6%
70100317	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 2	10,6%	10,4%
70100318	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 5	1,2%	0,9%
70100319	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 6	0,0%	0,0%
70100320	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 6	0,0%	5,3%
70100321	Vehículos livianos comerciales de uso particular eléctricos	0,0%	0,0%
70100401	Camiones livianos diésel sin norma	0,7%	0,3%
70100402	Camiones livianos diésel Euro 1	0,9%	0,3%
70100403	Camiones livianos diésel Euro 2	0,7%	0,2%
70100404	Camiones livianos diésel Euro 3	6,7%	1,0%
70100405	Camiones livianos diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70100407	Camiones livianos diésel Euro 5	3,8%	0,7%
70100408	Camiones livianos diésel Euro 6	87,1%	97,4%
70100501	Camiones medianos diésel sin norma	2,2%	0,0%
70100502	Camiones medianos diésel Euro 1	1,1%	0,0%
70100503	Camiones medianos diésel Euro 2	6,7%	0,0%
70100504	Camiones medianos diésel Euro 3	57,8%	75,0%
70100505	Camiones medianos diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70100507	Camiones medianos diésel Euro 5	32,2%	25,0%
70100508	Camiones medianos diésel Euro 6	0,0%	0,0%
70100601	Motocicletas de dos tiempos sin norma	0,0%	0,0%
70100602	Motocicletas de dos tiempos Euro 1	0,0%	0,0%
70100603	Motocicletas de cuatro tiempos sin norma	1,7%	0,9%
70100604	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1	44,5%	22,7%
70100605	Motocicletas de dos tiempos Euro 2	0,0%	0,0%
70100606	Motocicletas de dos tiempos Euro 3	0,0%	0,0%
70100607	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 2	0,0%	0,0%
70100608	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3	53,7%	76,4%
70100609	Motocicletas de dos tiempos Euro 4	0,0%	0,0%
70100610	Motocicletas de dos tiempos Euro 5	0,0%	0,0%
70100611	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 4	0,0%	0,0%
70100612	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 5	0,1%	0,1%
70100701	Buses interurbanos diésel sin norma	0,0%	0,0%
70100702	Buses interurbanos diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70100703	Buses interurbanos diésel Euro 2	0,3%	0,4%
70100704	Buses interurbanos diésel Euro 3	56,8%	55,7%
70100711	Buses interurbanos diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70100713	Buses interurbanos diésel Euro 5	42,8%	39,6%
70100714	Buses interurbanos diésel Euro 6	0,0%	4,3%
70100715	Buses interurbanos eléctricos	0,1%	0,1%

CCF8	Nombre	2021	2022
70100801	Taxis colectivos gasolineros Euro 1	0,0%	0,0%
70100802	Taxis colectivos gasolineros Euro 3	9,6%	7,1%
70100803	Taxis colectivos gasolineros sin norma	0,0%	0,0%
70100805	Taxis colectivos diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70100806	Taxis colectivos gasolineros Euro 4	17,0%	16,3%
70100807	Taxis colectivos diésel Euro 3	0,8%	0,6%
70100808	Taxis colectivos diésel Euro 4	0,7%	0,7%
70100810	Taxis colectivos diésel sin norma	0,0%	0,0%
70100811	Taxis colectivos diésel Euro 5	11,2%	11,0%
70100812	Taxis colectivos diésel Euro 6	2,4%	3,6%
70100813	Taxis colectivos gasolineros Euro 5	37,5%	37,4%
70100814	Taxis colectivos gasolineros Euro 6	5,7%	9,4%
70100815	Taxis colectivos gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70100816	Taxis colectivos diésel Euro 2	0,0%	0,0%
70100817	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) sin norma	0,0%	0,0%
70100818	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 1	0,0%	0,0%
70100819	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 2	0,0%	0,0%
70100820	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 3	1,3%	0,9%
70100821	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 4	3,7%	3,2%
70100822	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 5	4,6%	4,4%
70100823	Taxis colectivos dual (gasolina + GLP) Euro 6	0,0%	0,2%
70100824	Taxis colectivos dual (gasolina + GNC) Euro 4	2,3%	2,0%
70100825	Taxis colectivos dual (gasolina + GNC) Euro 5	3,0%	2,8%
70100826	Taxis colectivos dual (gasolina + GNC) Euro 6	0,0%	0,1%
70100827	Taxis colectivos GLP sin norma	0,0%	0,0%
70100828	Taxis colectivos GLP Euro 1	0,0%	0,0%
70100829	Taxis colectivos GLP Euro 2	0,0%	0,0%
70100830	Taxis colectivos GLP Euro 3	0,0%	0,0%
70100831	Taxis colectivos GLP Euro 4	0,0%	0,0%
70100832	Taxis colectivos GLP Euro 5	0,0%	0,0%
70100833	Taxis colectivos GLP Euro 6	0,0%	0,0%
70100834	Taxis colectivos a GNC Euro 4	0,0%	0,0%
70100835	Taxis colectivos a GNC Euro 5	0,0%	0,0%
70100836	Taxis colectivos a GNC Euro 6	0,0%	0,0%
70100837	Taxis colectivos gasolinero híbrido Euro 4	0,0%	0,0%
70100838	Taxis colectivos gasolinero híbrido Euro 5	0,0%	0,0%
70100839	Taxis colectivos gasolinero híbrido Euro 6	0,0%	0,0%
70100843	Taxis colectivos eléctricos	0,3%	0,3%
70100901	Buses licitados urbanos diésel sin norma	0,0%	0,0%
70100902	Buses licitados urbanos diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70100903	Buses licitados urbanos diésel Euro 2	0,1%	0,1%
70100904	Buses licitados urbanos diésel Euro 3	52,9%	49,0%
70100912	Buses licitados urbanos diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70100913	Buses licitados urbanos diésel Euro 5	17,0%	15,4%
70100914	Buses licitados urbanos diésel Euro 6	21,5%	24,5%
70100915	Buses licitados urbanos eléctricos	8,6%	10,9%
70101001	Camiones pesados diésel sin norma	3,8%	3,5%
70101002	Camiones pesados diésel Euro 1	5,6%	5,2%
70101003	Camiones pesados diésel Euro 2	5,0%	4,5%
70101004	Camiones pesados diésel Euro 3	50,6%	46,9%
70101005	Camiones pesados diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70101007	Camiones pesados diésel Euro 5	29,6%	28,6%
70101008	Camiones pesados diésel Euro 6	5,5%	11,3%
70101701	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 3	8,3%	9,3%
70101702	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 4	0,0%	0,0%
70101703	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 3 - Con filtro	38,2%	39,7%
70101704	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 4 - Con filtro	0,0%	0,0%
70101705	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 1	0,0%	0,0%
70101706	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 2	0,0%	0,0%
70101707	Buses licitados urbanos eléctricos - Troncal 1 - Rígidos	15,2%	14,0%
70101708	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 5	22,5%	22,4%
70101709	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 5 - Con filtro	0,0%	0,0%
70101710	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 6	15,7%	14,7%
70101711	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 1 - Rígidos Euro 6 - Con filtro	0,0%	0,0%
70101801	Buses licitados urbanos diésel - Troncal 2 - Rígidos Euro 3	0,0%	0,0%







CCF8	Nombre	2021	2022
70103609	Buses licitados urbanos diésel - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 6	0,0%	0,0%
70103610	Buses licitados urbanos diésel - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 6 - Con filtro	0,0%	0,0%
70103611	Buses licitados urbanos eléctricos - Alimentadora 10 - Rígidos	0,0%	0,0%
70103701	Buses rurales diésel sin norma	0,0%	0,0%
70103702	Buses rurales diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70103703	Buses rurales diésel Euro 2	6,0%	5,0%
70103704	Buses rurales diésel Euro 3	50,9%	48,4%
70103705	Buses rurales diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70103707	Buses rurales diésel Euro 5	43,0%	42,9%
70103708	Buses rurales diésel Euro 6	0,0%	3,6%
70103709	Buses rurales eléctricos	0,0%	0,0%
70103801	Buses particulares e institucionales diésel sin norma	1,8%	1,5%
70103802	Buses particulares e institucionales diésel Euro 1	4,9%	3,6%
70103803	Buses particulares e institucionales diésel Euro 2	10,2%	9,8%
70103804	Buses particulares e institucionales diésel Euro 3	53,2%	52,2%
70103805	Buses particulares e institucionales diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70103807	Buses particulares e institucionales diésel Euro 5	29,7%	28,0%
70103808	Buses particulares e institucionales diésel Euro 6	0,0%	4,3%
70103809	Buses particulares e institucionales eléctricos	0,3%	0,7%
70103901	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros sin norma	0,0%	0,0%
70103902	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 1	0,0%	0,0%
70103903	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 3	4,9%	4,9%
70103904	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 4	0,0%	0,0%
70103905	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel sin norma	0,0%	0,0%
70103906	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70103907	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 3	48,6%	45,2%
70103908	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70103909	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 5	28,8%	27,8%
70103912	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70103913	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 2	0,1%	0,1%
70103914	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 6	15,2%	20,5%
70103915	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 5	0,1%	0,0%
70103916	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 6	2,3%	1,5%
70103917	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas eléctricos	0,0%	0,0%
70104001	Vehículos medianos gasolineros Euro 1	6,4%	7,1%
70104002	Vehículos medianos gasolineros Euro 3	3,9%	4,2%
70104003	Vehículos medianos gasolineros sin norma	0,6%	0,6%
70104004	Vehículos medianos diésel Euro 1	17,0%	17,2%
70104005	Vehículos medianos diésel Euro 3	18,0%	16,3%
70104008	Vehículos medianos gasolineros Euro 4	1,8%	1,6%
70104009	Vehículos medianos diésel sin norma	1,5%	2,2%
70104010	Vehículos medianos diésel Euro 4	14,7%	14,3%
70104011	Vehículos medianos diésel Euro 5	34,4%	30,5%
70104012	Vehículos medianos gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70104013	Vehículos medianos diésel Euro 2	0,0%	0,0%
70104014	Vehículos medianos gasolineros Euro 5	1,6%	1,9%
70104015	Vehículos medianos gasolineros Euro 6	0,0%	0,2%
70104016	Vehículos medianos diésel Euro 6	0,0%	4,1%
70104101	Colectivos corredor gasolineros Euro 1	0,0%	0,0%
70104102	Colectivos corredor gasolineros Euro 3	0,0%	0,0%
70104103	Colectivos corredor gasolineros sin norma	0,0%	0,0%
70104105	Colectivos corredor diésel Euro 1	0,0%	0,0%
70104106	Colectivos corredor gasolineros Euro 4	0,0%	0,0%
70104107	Colectivos corredor diésel Euro 3	0,0%	0,0%
70104108	Colectivos corredor diésel Euro 4	0,0%	0,0%
70104110	Colectivos corredor diésel sin norma	0,0%	0,0%
70104111	Colectivos corredor diésel Euro 5	0,0%	0,0%
70104112	Colectivos corredor diésel Euro 6	0,0%	0,0%
70104113	Colectivos corredor gasolineros Euro 5	0,0%	0,0%
70104114	Colectivos corredor gasolineros Euro 6	0,0%	0,0%
70104115	Colectivos corredor gasolineros Euro 2	0,0%	0,0%
70104116	Colectivos corredor diésel Euro 2	0,0%	0,0%
70104117	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) sin norma	0,0%	0,0%
70104118	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 1	0,0%	0,0%
70104119	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 2	0,0%	0,0%

CCF8	Nombre	2021	2022
70104120	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 3	0,0%	0,0%
70104121	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 4	0,0%	0,0%
70104122	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 5	0,0%	0,0%
70104123	Colectivos corredor dual (gasolina + GLP) Euro 6	0,0%	0,0%
70104124	Colectivos corredor dual (gasolina + GNC) Euro 4	0,0%	0,0%
70104125	Colectivos corredor dual (gasolina + GNC) Euro 5	0,0%	0,0%
70104126	Colectivos corredor dual (gasolina + GNC) Euro 6	0,0%	0,0%
70104127	Colectivos corredor GLP sin norma	0,0%	0,0%
70104128	Colectivos corredor GLP Euro 1	0,0%	0,0%
70104129	Colectivos corredor GLP Euro 2	0,0%	0,0%
70104130	Colectivos corredor GLP Euro 3	0,0%	0,0%
70104131	Colectivos corredor GLP Euro 4	0,0%	0,0%
70104132	Colectivos corredor GLP Euro 5	0,0%	0,0%
70104133	Colectivos corredor GLP Euro 6	0,0%	0,0%
70104134	Colectivos corredor a GNC Euro 4	0,0%	0,0%
70104135	Colectivos corredor a GNC Euro 5	0,0%	0,0%
70104136	Colectivos corredor a GNC Euro 6	0,0%	0,0%
70104137	Colectivos corredor gasolinero hibrido Euro 4	0,0%	0,0%
70104138	Colectivos corredor gasolinero hibrido Euro 5	0,0%	0,0%
70104139	Colectivos corredor gasolinero hibrido Euro 6	0,0%	0,0%
70104143	Colectivos corredor eléctricos	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

## 11.5 Anexo 5: Emisiones por comunas de la Región Metropolitana.

Tabla 11-10 Emisiones por comunas 2022 [ton/año] (sin motos y bicimotos).

Comuna	MP2.5	MP10	PTS	NOx	COV	CO	SO2	NH3	N2O	CO2	CH4	Hg	DLCs
BUIN	113	178	511	778	231	2.007	3	10	10	264.280	7	0	0
CALERA DE TANGO	62	98	275	459	146	1.215	1	6	5	154.946	4	0	0
CERRILLOS	82	133	371	666	273	1.974	2	8	7	243.403	6	0	0
CERRO NAVIA	23	45	155	176	73	446	1	2	2	61.902	2	0	0
COLINA	147	268	898	974	321	2.599	3	11	12	337.084	9	0	0
CONCHALI	55	93	276	459	183	1.228	2	5	5	172.010	4	0	0
EL BOSQUE	31	53	158	265	127	746	1	3	3	99.009	2	0	0
ESTACION CENTRAL	81	127	340	695	306	2.115	2	8	7	260.259	6	0	0
HUECHURABA	70	110	301	574	220	1.552	2	6	6	204.744	5	0	0
INDEPENDENCIA	48	77	211	408	178	1.183	1	4	5	157.718	4	0	0
ISLA DE MAIPO	24	40	125	153	44	414	0	2	2	51.733	1	0	0
LA CISTERNA	60	97	269	520	211	1.428	2	5	5	187.324	5	0	0
LA FLORIDA	165	259	678	1.373	673	4.379	5	17	16	545.736	13	0	0
LA GRANJA	72	108	273	596	256	1.822	2	7	7	228.158	5	0	0
LA PINTANA	60	101	294	479	190	1.288	2	5	6	176.259	5	0	0
LA REINA	58	93	257	469	254	1.544	2	5	5	183.000	4	0	0
LAMPA	69	123	396	489	146	1.189	2	6	6	165.720	5	0	0
LAS CONDES	148	240	674	1.158	545	3.061	4	11	13	404.821	9	0	0
LO BARNECHEA	35	60	180	256	158	706	1	3	3	84.585	2	0	0
LO ESPEJO	45	79	241	378	151	1.057	1	4	4	134.994	4	0	0
LO PRADO	27	43	121	211	92	582	1	2	3	76.719	2	0	0
MACUL	71	108	275	594	297	1.909	2	6	6	229.131	5	0	0
MAIPU	197	337	1.009	1.590	685	4.498	5	19	18	564.665	16	0	0
NUNOA	99	153	397	828	448	2.787	3	9	9	327.212	7	0	0
PADRE HURTADO	48	73	199	332	124	980	1	4	4	123.770	3	0	0
PAINE	9	27	123	48	6	69	0	0	1	13.722	1	0	0
PEDRO AGUIRRE CERDA	44	72	203	353	173	1.160	1	4	4	138.870	3	0	0
PENAFLOL	64	113	370	427	142	1.125	1	5	5	141.934	4	0	0
PENALOLEN	87	138	373	741	460	2.442	3	8	8	271.727	6	0	0
PIRQUE	21	32	87	146	62	436	0	2	2	51.602	1	0	0
PROVIDENCIA	137	195	452	1.113	544	3.406	4	9	11	418.051	8	0	0
PUDAHUEL	190	303	856	1.408	470	3.733	5	17	18	504.873	13	0	0
PUENTE ALTO	125	217	661	954	475	2.729	3	12	11	349.052	9	0	0
QUILICURA	117	204	637	932	298	2.233	3	10	11	311.468	9	0	0
QUINTA NORMAL	58	92	250	476	209	1.396	2	5	6	179.961	4	0	0
RECOLETA	59	93	247	498	233	1.517	2	5	6	194.047	4	0	0
RENCA	92	149	424	741	280	1.994	3	8	9	266.856	7	0	0
SAN BERNARDO	185	305	889	1.456	517	3.803	5	16	17	523.433	14	0	0
SAN JOAQUIN	40	66	184	328	182	1.142	1	4	3	131.693	3	0	0
SAN MIGUEL	52	84	231	438	228	1.465	2	5	5	172.630	4	0	0
SAN RAMON	32	53	150	263	116	727	1	3	3	94.774	2	0	0
SANTIAGO	180	284	748	1.595	832	5.243	6	16	19	674.623	13	0	0
TALAGANTE	72	121	371	509	151	1.274	2	6	6	167.400	5	0	0
TILTEL	21	63	296	101	12	125	0	1	1	28.041	1	0	0
VITACURA	99	159	444	731	310	1.817	2	7	9	251.310	6	0	0

Fuente: Elaboración propia