

1232

1531

CAPITULO III

Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 ANTECEDENTES GENERALES DE FUENTES MÓVILES 6

1.1 METODOLOGÍAS INTERNACIONALES EN RELACIÓN A LAS FUENTES MÓVILES 7

1.2 METODOLOGÍA NACIONAL PARA ESTIMACIÓN DE EMISIONES RELACIONADAS A LAS FUENTES MÓVILES 10

1.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES EN RUTA 12

1.3.1 DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE EMISIONES 12

1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS VEHICULARES 13

1.4 RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA 15

1.5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA 22

1.5.1 MAQUINARIA AGRÍCOLA 22

1.5.1.1 Metodología aplicada 22

1.5.1.2 Factor de emisión y nivel de actividad 23

1.5.1.3 Estimación de emisiones 25

1.5.2 MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN 26

1.5.2.1 Metodología aplicada 26

1.5.2.2 Factor de emisión y nivel de actividad 26

1.5.2.3 Estimación de emisiones 28

1.5.3 RELLENO SANITARIO 28

1.5.3.1 Metodología aplicada 28

1.5.3.2 Factor de emisión y nivel de actividad 28

1.5.3.3 Estimación de emisiones 29

1.5.4 EMBARCACIONES 29

1.5.4.1 Metodología aplicada 29

1.5.4.2 Factor de emisión y nivel de actividad 30

1.5.4.3 Estimación de emisiones 31

1.6 RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA 32

1.7 RESULTADOS EMISIONES FUENTES MÓVILES 33

2 CONCLUSIONES 34

3 ANEXOS 35

3.1 ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LAS FUENTES MÓVILES A UTILIZAR EN EL INVENTARIO DE VALDIVIA AÑO BASE 2013. 35

3.2	ANEXO 2. FACTORES DE EMISIÓN SEGÚN POTENCIA Y TENNOLOGÍA PARA FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA.....	47
3.3	ANEXO 3. FACTORES DE AJUSTE TRANSCIENTE	51
3.4	ANEXO 4. FACTORES DE DETERIORO	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clasificación de las Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta.....	6
Figura 2.	Metodología de cálculo MODEM.....	11
Figura 3.	Aporte Porcentual de emisiones por categoría vehicular Valdivia	18
Figura 4.	Aporte Porcentual de emisiones de MP2,5 por categoría vehicular Valdivia.....	19
Figura 5.	Aporte Porcentual de emisiones de MP10 por categoría vehicular Valdivia.....	19
Figura 6.	Aporte Porcentual de emisiones de SO2 por categoría vehicular Valdivia	20
Figura 7.	Aporte Porcentual de emisiones de NOx por categoría vehicular Valdivia	20
Figura 8.	Aporte Porcentual de emisiones de CO por categoría vehicular Valdivia	21
Figura 9.	Aporte Porcentual de emisiones de COVs por categoría vehicular Valdivia	21
Figura 10.	Aporte Porcentual de emisiones por tipo de fuente móvil fuera de ruta	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de las fuentes móviles en ruta.....	13
Tabla 2.	Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta para Valdivia.....	15
Tabla 3.	Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta para Valdivia por subcategoría vehicular....	18
Tabla 4.	Horas de Uso de maquinaria por Hectárea según Actividad y tipo de cultivo Comuna de Valdivia.....	23
Tabla 5.	Superficie (Ha) por tipo de cultivo Comuna de Valdivia.....	23
Tabla 6.	Nivel de Actividad Maquinaria Agrícola Año 2013 (Horas Funcionamiento).....	23
Tabla 7.	Cálculo de los factores de emisión ajustados.....	25
Tabla 8.	Estimación de emisiones de maquinaria agrícola.....	25
Tabla 9.	Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo.....	26
Tabla 10.	Valores utilizados para Factor de Carga y Potencia, según tipo de maquinaria	26
Tabla 11.	Superficie de nuevas construcciones (m ²) por N° Pisos Comuna de Valdivia	27
Tabla 12.	Nivel de Actividad Maquinaria de Construcción Comuna de Valdivia (Horas funcionamiento)	27
Tabla 13.	Factores de emisión maquinaria de Construcción	27
Tabla 14.	Estimación de emisiones Maquinaria de Construcción.....	28
Tabla 15.	Maquinaria utilizada en la operación del vertedero de Valdivia.....	28
Tabla 16.	Factores de emisión asociadas al uso de maquinaria en la operación del vertedero	29
Tabla 17.	Estimación de emisiones proveniente de la maquinaria de operación del vertedero	29



Tabla 18. Factor de emisión embarcaciones 30

Tabla 19. Estimación de emisiones proveniente de la maquinaria de operación del vertedero 30

Tabla 20. Estimación de emisiones provenientes de las embarcaciones..... 31

Tabla 21. Estimación de emisiones proveniente las embarcaciones..... 32

Tabla 22. Estimación de emisiones proveniente de Fuentes Móviles Comuna de Valdivia 33

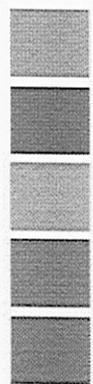
Tabla 23. Factores de Emisión para Buses del Transporte Público, Interurbano, Rurales y Particulares . 35

Tabla 24.. Factores de Emisión para Camiones Livianos, Medianos y Pesados..... 38

Tabla 25. Factores de Emisión para Vehículos livianos particulares y de alquiler 43

Tabla 26. Factores de Emisión para Vehículos livianos Comerciales..... 44

Tabla 27. Factores de Emisión para Motocicletas 45



ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

EPA	Environmental Protection Agency
CARB	California Air Resources Board
NPI	National Pollutant Inventory
EEA	Environmental European Agency
NEI	National Emission Inventory
TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
EIIP	Emission Inventory Improvement Program
CEMS	Continuos Emission Monitoring System
PEMS	Predictive Emission Monitoring System
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
D.S.	Decreto Supremo
PDA	Plan de Descontaminación Atmosférica
F.E.	Factor de Emisión
N.A.	Nivel de Actividad
MP	Material Particulado
MP10	Material particulado de diámetro $\leq 10 \mu\text{m}$
MP 2.5	Material particulado de diámetro $\leq 2.5 \mu\text{m}$
BC	Black Carbon
OC	Organic Carbon
TSP	Partículas totales suspendidas (por sus siglas en inglés)
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
NH ₃	Amoniaco
N ₂ O	Óxido nitroso
TOG	Total Organic Gases
TNMHC	Hidrocarburos totales no Metánicos (por sus siglas en inglés)
ROG	Gases Orgánicos Reactivos (por sus siglas en inglés)
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
CH ₄	Metano
SO _x	Óxidos de Azufre
O ₃	Ozono Troposférico
PTAS	Planta de tratamiento de aguas servidas
GLP	Gas licuado de petróleo
GN	Gas Natural

1 ANTECEDENTES GENERALES DE FUENTES MÓVILES

Las fuentes móviles pueden clasificarse de manera general de acuerdo al tipo de infraestructura vial, en fuentes móviles en ruta y fuera de ruta. Las fuentes móviles en ruta incluyen a todos aquellos vehículos que circulan por calles o carreteras (automóviles, camiones, buses, motocicletas) y las fuera de ruta, que considera vehículos y maquinarias que funcionan con un motor pero que no circulan regularmente por calles o carreteras (maquinaria agrícola, de construcción, aviones, ferrocarril y embarcaciones).

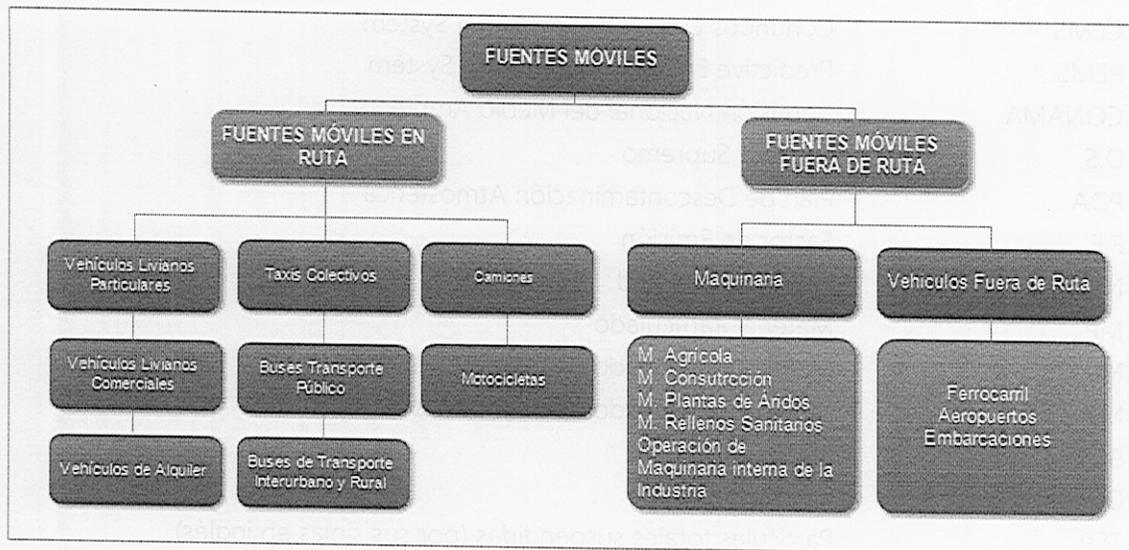


Figura 1. Clasificación de las Fuentes Móviles en Ruta y Fuera de Ruta

La energía para propulsar estos vehículos proviene de la quema del combustible en el motor, por lo tanto, la contaminación proviene a su vez de los subproductos que se generan en dicho proceso de combustión (emitida a través del sistema de escape) y de la evaporación del combustible. Existen también emisiones asociadas al desgaste de frenos y neumáticos, proveniente de la operación del vehículo propiamente tal.

Varios contaminantes se generan en el proceso de combustión. Una gama de COVs se generan producto de la combustión incompleta del combustible. Se generan además NOx, que son el resultado de la oxidación del nitrógeno a alta temperatura y presión dentro de la cámara de combustión. El CO es generado cuando el combustible es parcialmente oxidado en lugar de completamente oxidado a CO2. El SO2 y el Pb son producidos desde el contenido de azufre y plomo en el combustible y finalmente el material particulado se genera de la combustión incompleta de los combustibles, aditivos en los combustibles y lubricantes, además de material agotado que se acumula en el lubricante del motor. Estos materiales agotados contienen trazas de diversos metales y compuestos que pueden ser liberados como emisiones del tubo de escape (EPA, 1992).

Las últimas actualizaciones de inventarios de emisiones desarrollados en regiones del sur de Chile, dan cuenta de un bajo aporte de las fuentes móviles al MP10, representando valores inferiores al 1% del total. Sin embargo, al considerar otros contaminantes como NOx, se tiene que las fuentes móviles aportan casi el 80% de este contaminante y cerca del 25% del CO.

1.1 METODOLOGÍAS INTERNACIONALES EN RELACIÓN A LAS FUENTES MÓVILES

E MEP/EEA AIR POLLUTANT EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK 2013

EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente) describe cuatro categorías vehiculares principales y correspondientes a Vehículos de Pasajeros, Vehículos comerciales livianos, Vehículos pesados y motocicletas. Para las metodologías de estimación de emisiones, las cuatro categorías vehiculares anteriores se dividen en sub-categorías de acuerdo al combustible utilizado, el tamaño del motor, el nivel de tecnología del vehículo, dando un total de 23 categorías vehiculares.

La EEA establece tres enfoques metodológicos para la estimación de emisiones para fuentes móviles en ruta. El primer enfoque utiliza el combustible como indicador de nivel de actividad en combinación con factores de emisión específicos del combustible. En relación a los factores de emisión, se consideran los entregados por COPERT4, y están dados en unidades de kg de contaminante por kg de combustible para cada categoría vehicular. La ecuación general para estimar las emisiones por este método, corresponde a la siguiente:

$$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$$

Donde

- E_i = Emisión del contaminante i
- $FC_{j,m}$ = Consumo de combustible del vehículo de categoría j usando el combustible m (kg)
- $EF_{i,j,m}$ = Factor de emisión específico, para el contaminante i para la categoría vehicular j y el combustible m (kg)

En relación a los niveles de actividad, la metodología requiere el levantamiento de estadísticas de combustibles, volúmenes o ventas de combustible para uso de transporte en ruta y cada tipo de combustibles usados. La información requerida para aplicar esta metodología se basa en estadísticas desagregadas por las 4 categorías vehiculares antes descritas.

El segundo enfoque se basa en la distancia recorrida por cada categoría vehicular como nivel de actividad. Por lo tanto, las cuatro categorías antes descritas, son divididas en diferentes tecnologías k de acuerdo a las normas de control de emisiones, para las cuales se debe considerar estadísticas asociadas al número de vehículos y el kilometraje, dividido por tecnología, para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$E_i = \sum_k (M_{j,k} \times EF_{i,j,k}) \text{ ó}$$

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

Donde:

- $\langle M_{j,k} \rangle$ = Distancia total anual recorrida por todas las categorías vehiculares j y la tecnología k (km-veh)
- $EF_{i,j,k}$ = Factor de emisión específico por tecnología para el contaminante i, por categoría vehicular j y tecnología k (g/veh-km).
- $EF_{i,j,m}$ = Factor de emisión específico, para el contaminante i para la categoría vehicular j y el combustible m (kg)
- $M_{j,k}$ = Distancia promedio anual recorrida por la categoría vehicular j y tecnología k (km-veh)
- $N_{j,k}$ = Número de vehículos de la flota nacional de la categoría j y tecnología k

Los factores de emisión empleados se expresan en gramos por kilómetro y están dados para cada categoría vehicular y están dados por COPERT, Artemis Project, MEET Project varios también son tomados de estudios de DG Enterprise, dependiendo de las distintas categorías vehiculares y combustibles.

El tercer enfoque metodológico descrito por la EEA, está dado por una combinación entre datos técnicos de factores de emisión y niveles de actividad en relación a kilómetros recorridos totales. En este caso corresponde a una metodología detallada y que se basa en el empleo de modelos de emisiones, tales como EMV en Suecia, Liipasto en Finlandia y Versit en Países Bajos. Este enfoque considera que las emisiones totales se calculan de acuerdo a la sumatoria de las emisiones en caliente (cuando está a su temperatura normal de funcionamiento) y las emisiones de arranque en frío (cuando el motor se encuentra en una transición térmica), empleándose la siguiente ecuación general:

$$E_{TOTAL} = E_{HOT} + E_{COLD}$$

- E_{TOTAL} = Emisión total de cualquiera de los contaminantes (g)
- E_{HOT} = Emisiones durante la fase estabilizada de la operación del motor (g)
- E_{COLD} = Emisiones durante la transición térmica de la operación del motor (g)

Las emisiones de vehículos son muy dependientes de las condiciones de funcionamiento del motor. Diferentes situaciones de conducción imponen diferentes condiciones de funcionamiento de éste y por lo tanto, un nivel de emisiones distintas. En este sentido, se hace una distinción entre lo urbano, rural y la conducción en carretera.

En esta metodología, al igual que en el segundo enfoque metodológico, los factores de emisión están dados por COPERT, Artemis Project, MEET Project y varios también son tomados de estudios de DG Enterprise, dependiendo de las distintas categorías vehiculares y combustibles.

NFR CODE: 1A3B (EMISSIONS ESTIMATION TECHNIQUE MANUAL: AGGREGATED EMISSIONS FROM MOTOR VEHICLES NPI/AUSTRALIA, 2000)

De acuerdo a lo establecido en el manual técnico para estimación de emisiones, específicamente el que dice relación con las emisiones provenientes de motores de vehículos del NPI de Australia, el enfoque metodológico señala que las emisiones desde fuentes móviles en ruta, de manera general son obtenidas a partir de la multiplicación de los VKT (vehicle kilometres travelled) y los factores de emisión, expresados como gramos por kilómetro). Estos factores de emisión varían de acuerdo a tipos de ruta, tipos de combustibles o mezclas de combustibles, antigüedad de los vehículos y el tipo de emisión (emisiones del tubo de escape, evaporativas, desgaste). Es importante mencionar que los tipos de ruta considerados en la metodología son Arterial, Autopista y Residencial. Por otra parte las categorías vehiculares están clasificadas en Vehículos de pasajeros, Vehículos comerciales livianos, vehículos pesados y motocicletas.

Para la obtención de los niveles de actividad (VKT) es necesario reunir información tal como:

- Datos de recuento de tráfico o VKT espacialmente distribuidos por tipo de ruta
- VKT por tipo de vehículo por cada tipo de ruta
- VKT y número de vehículos por tipo de combustible y año de fabricación
- Promedio de consumo de combustible por tipo de vehículo y por tipo de combustible
- Contenido de azufre y plomo de los distintos tipos de combustibles
- Temperatura media diaria, máxima y mínima del lugar en estudio.

Los datos antes mencionados, normalmente pueden ser obtenidos a partir de estadísticas de las autoridades de transporte. Por otra parte existen estimaciones y estudios de la Oficina de Estadísticas de Australia además de consultoras privadas dedicadas a estudios de transporte.

La ecuación general que define la estimación de emisiones para la NPI, es la siguiente:

$$E_c = 365 \times 0,001 \times \sum_r V_{r,c} \times \sum_m \sum_f \sum_p (X_{r,m,f} \times e_{r,m,f,p})$$

Donde:

- E_c = Emisión total anual desde el motor de un vehículo en la grilla c (kg/año)
- $V_{r,c}$ = VKT promedio diario por tipo de ruta r y grilla c (km/día)
- $X_{r,m,f}$ = VKT relativo por tipo de vehículo m, tipo de combustible f y tipo de ruta r
- $e_{r,m,f,p}$ = Factor de emisión para el tipo de ruta r, vehículo tipo m, combustible f y tipo de emisión p (g/km)
- 365 = Factor de conversión de días a año
- 0,001 = Factor de conversión de gramos a kilogramos

En relación a la estimación de los factores de emisión, NPI describe varios métodos que están basados principalmente en los empleados por la USEPA (modelos MOBILE y PART5) y otras estimaciones basadas en modelos del poder del motor (Williams et al 1994), mediciones de tráfico en ruta (EPAV 1999) o modelos de flujo de tráfico.

PROCEDURES FOR EMISSION INVENTORY PREPARATION, VOLUME IV: MOBILE SOURCES, 1992 – USEPA.

Las metodologías implementadas por la USEPA son ampliamente utilizadas como metodologías de base para elaborar inventarios de emisiones. En relación a las fuentes móviles, se cuenta con una guía metodológica que considera que las emisiones se obtendrán a partir de los niveles de actividad expresada en millas recorridas (VMT) y los respectivos factores de emisión expresados en gramos por milla recorrida.

El nivel de actividad puede obtenerse de diversas maneras, tales como observación directa del conteo vehicular (usualmente una muestra estadísticamente representativa del universo total de la red vial) o bien empleando modelos de red y tráfico vehicular. En este caso, a diferencia de las metodologías propuestas por EEA, la EPA no recomienda basar los niveles de actividad en datos de venta de combustibles, informes de los propietarios o encuestas de odómetros como sustitutos de los métodos anteriores.

En relación a los factores de emisión, están dados por el modelo MOBILE (siendo MOBILE6.2 la versión más actual de este modelo), el cual estima las emisiones para ocho categorías vehiculares: Vehículos livianos a gasolina, Vehículos livianos Diesel, Camiones ligeros a gasolina (peso menor a 6.000 libras), Camiones ligeros a gasolina (peso entre 6.001 y 8.500 libras), Camiones ligeros Diesel, Camiones pesados a gasolina (peso mayor a 8.501 libras), Camiones pesados Diesel y Motocicletas.

La revisión del inventario de emisiones de México 1997, da cuenta que emplea la metodología propuesta por la EPA, expresando el nivel de actividad en KVR (Kilómetros recorridos por vehículo) y los factores de emisión son obtenidos a través de los modelos MOBILE Y PART5).

1.2 METODOLOGÍA NACIONAL PARA ESTIMACIÓN DE EMISIONES RELACIONADAS A LAS FUENTES MÓVILES

Los inventarios de emisiones desarrollados en Chile han empleado históricamente la metodología del Modelo de Emisiones Vehiculares (MODEM) la cual fue implementada por SECTRA, cuya estructura general de la metodología de cálculo de emisiones se presenta en el siguiente esquema:

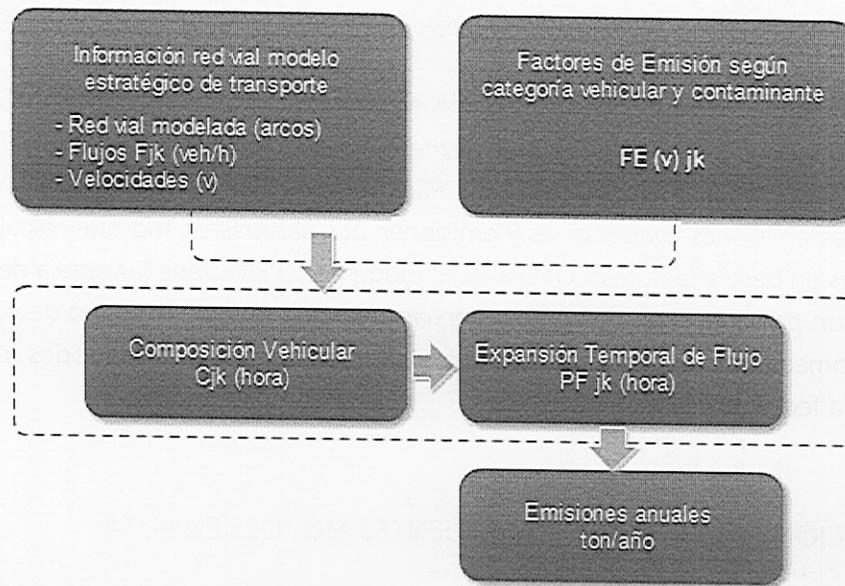


Figura 2. Metodología de cálculo MODEM

Fuente: SECTRA

De manera general, la metodología MODEM consiste en estimar los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarle a cada una de ellas un nivel de emisión promedio o factor de emisión (CONAMA, 2009), de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$E_i = \sum_{kt} \text{Nivel de actividad}_k \times FE_{ikt}$$

Donde:

- E_i = Emisiones del contaminante i (gr)
- $\text{Nivel de actividad}_k$ = Nivel de actividad de la categoría vehicular k (km-vehículos)
- FE_{ikt} = Factor de emisión del contaminante i, para la categoría k evaluada, para el tipo de descarga de emisiones t (gr-km-vehículo)
- k = Categoría vehicular "k"
- t = Tipo de descarga de emisiones "t"

En relación al Nivel de Actividad, éstos se expresan en términos de Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV), lo cual representa la distancia total recorrida por una población de vehículos en un periodo de tiempo determinado. Los KRV pueden ser estimados de distintas maneras. Por observación directa, mediante la contabilización del tráfico, modelos de transporte y otras.

Para predecir características de la actividad vehicular en un área determinada se emplean los modelos de transporte. En la Región Metropolitana se emplea el modelo ESTRAUS, mientras

que para otras ciudades de tamaño medio, incluida Valdivia, se emplea VIVALDI, según señala SECTRA.

En cuanto a la estimación de los factores de emisión que utiliza el modelo MODEM para calcular las emisiones, se consideran principalmente los factores de emisión propuestos en el estudio europeo COPERT IV (CENMA, 2009). Para la estimación de las emisiones vehiculares en caliente, las emisiones evaporativas y emisiones por partidas en frío que calcula MODEM son estimadas en base a factores COPERT III. El modelo COPERT tiene la ventaja de que en su documentación presenta explícitamente las ecuaciones que relacionan el tipo de vehículo y la velocidad promedio con el factor de emisión, siendo además la base de todos los estudios realizados a la fecha en Chile.

1.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES EN RUTA

De acuerdo a la revisión metodológica realizada en el punto anterior, es posible establecer que la metodología que se aplica tradicionalmente en Chile corresponde a la implementada por SECTRA, empleando el modelo de estimación de emisiones MODEM.

Nivel de Actividad

Los niveles de actividad son obtenidos mediante la modelación de transporte realizada por SECTRA, mediante el modelo VIVALDI.

Factores de Emisión

Los factores de emisión más actuales son los descritos en estudios generados por CONAMA y SECTRA durante los años 2007 y 2008.

Los factores de emisión se presentan en el Anexo, diferenciados por categorías vehiculares y por tipo de contaminante.

1.3.1 DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE EMISIONES

Según el tipo de descarga, la emisión total es desagregada en emisiones del tubo de escape, emisiones evaporativas, emisiones de polvo y de desgaste, por lo tanto, las emisiones totales se obtienen de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{total} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{Evaporativas} + E_{polvo} + E_{Desgaste}$$

Donde:

E_{total}	= Emisiones totales del contaminante considerado (g)
$E_{caliente}$	= Emisiones en caliente, Fase estabilizada del motor (g)
$E_{partidas\ en\ frío}$	= Emisiones por partidas en frío (g)

E_{Polvo} = Emisiones provenientes del polvo resuspendido por la circulación de vehículos sobre calles pavimentadas (g)

$E_{Desgaste}$ = Emisiones por desgaste de frenos, neumáticos y superficie (g)

A su vez, se considera que las emisiones evaporativas provienen de:

- Emisiones durante el día (Diurnal)
- Emisiones por detenciones en caliente (hot soak emissions)
- Pérdidas durante el recorrido (running losses)

1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS VEHICULARES

Dentro de las fuentes móviles en ruta, se ha establecido una clasificación de las distintas categorías vehiculares, de acuerdo a lo requerido por MODEM, como se muestra en la siguiente tabla, en donde se presenta la categoría que fue considerada dentro de la clasificación de la flota vehicular del presente inventario de emisiones.

Tabla 1. Clasificación de las fuentes móviles en ruta

Categoría	Sub Categoría
Buses del Transporte Público	Buses licitados urbanos diesel Euro 1
	Buses licitados urbanos diesel Euro 2
	Buses licitados urbanos diesel Euro 3
	Buses licitados urbanos diesel sin norma
Camiones Livianos, Medianos y Pesados	Camiones livianos diesel Euro 1
	Camiones livianos diesel Euro 2
	Camiones livianos diesel Euro 3
	Camiones livianos diesel sin norma
	Camiones medianos diesel Euro 1
	Camiones medianos diesel Euro 2
	Camiones medianos diesel Euro 3
	Camiones medianos diesel sin norma
	Camiones pesados diesel Euro 1
	Camiones pesados diesel Euro 2
Camiones pesados diesel Euro 3	
Camiones pesados diesel sin norma	
Motocicletas	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1
	Motocicletas de cuatro tiempos sin norma
	Motocicletas de dos tiempos Euro 1
	Motocicletas de dos tiempos sin norma
Taxis Colectivos	Taxis colectivos a GNC Euro 1
	Taxis colectivos diesel Euro 1
	Taxis colectivos diesel Euro 3
	Taxis colectivos gasolineros Euro 1
	Taxis colectivos gasolineros Euro 3

Vehículos de alquiler	Vehículos de alquiler diesel Euro 1
	Vehículos de alquiler diesel Euro 3
	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1
	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3
Vehículos livianos comerciales	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 5
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel sin norma
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 1
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 2
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 3
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 4
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros no catalíticos
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 1
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 2
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 3
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel sin norma
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos
	Vehículos Livianos Particulares
Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 3	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Pre Euro	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 1	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 3	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros no catalíticos	
Vehículos medianos	Vehículos Medianos diesel Euro 1
	Vehículos Medianos diesel Euro 2
	Vehículos Medianos diesel Euro 3
	Vehículos Medianos diesel sin norma
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 1
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 2
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 3
	Vehículos Medianos gasolineros no catalíticos

1.4 RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA

Durante el desarrollo del presente inventario SECTRA implementó un estudio para la caracterización actualizada del transporte en 22 ciudades y conurbaciones del país, sin embargo dicha información no estuvo disponible al momento de desarrollar este informe. Paralelamente al desarrollo de este estudio el Ministerio del Medio Ambiente desarrollo una consultoría tendiente a calcular las emisiones actualizadas de transporte para todo el país, lo cual se enmarca en un los requerimientos de información anual del RETC (Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes) administrado por el Ministerio del Medio Ambiente, para lo cual se estimaron además las emisiones provenientes de fuentes móviles, diferenciadas para las distintas categorías vehiculares. Por lo tanto, para el desarrollo del presente inventario, se empleó dicha información actualizada al año base 2013, la que fue proporcionada por la contraparte técnica.

Tabla 2. Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta para Valdivia

Categoría	Sub Categoría	MP 2,5	MP10	SO2	NOx	CO	COVs	CO2
Buses del Transporte Público	Buses licitados urbanos diesel Euro 1	0,5	0,5	0,0	10,2	2,4	0,8	906,3
	Buses licitados urbanos diesel Euro 2	0,4	0,5	0,0	18,3	3,6	0,9	1.471,8
	Buses licitados urbanos diesel Euro 3	0,8	1,0	0,0	31,8	7,9	1,6	3.174,8
	Buses licitados urbanos diesel sin norma	3,6	3,8	0,0	40,2	19,1	12,2	3.217,1
Camiones Livianos, Medianos y Pesados	Camiones livianos diesel Euro 1	0,1	0,1	0,0	1,6	0,3	0,1	151,7
	Camiones livianos diesel Euro 2	0,0	0,1	0,0	2,2	0,3	0,1	193,6
	Camiones livianos diesel Euro 3	0,1	0,1	0,0	1,9	0,4	0,1	226,7
	Camiones livianos diesel sin norma	0,3	0,3	0,0	3,8	1,6	1,0	312,6
	Camiones medianos diesel Euro 1	0,1	0,1	0,0	1,8	0,4	0,1	162,4
	Camiones medianos diesel Euro 2	0,0	0,1	0,0	2,5	0,4	0,1	208,3
	Camiones medianos diesel Euro 3	0,1	0,1	0,0	2,2	0,5	0,1	241,3
	Camiones medianos diesel sin norma	0,2	0,2	0,0	5,1	1,3	0,5	321,4
	Camiones pesados diesel Euro 1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,1	61,8
	Camiones pesados diesel Euro 2	0,0	0,0	0,0	1,4	0,2	0,1	119,7
	Camiones pesados diesel Euro 3	0,1	0,1	0,0	2,1	0,5	0,1	233,0
	Camiones pesados diesel sin norma	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	27,2

Motocicletas	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1	0,0	0,0	0,0	3,9	74,5	6,5	559,8
	Motocicletas de cuatro tiempos sin norma	0,0	0,0	0,0	0,3	10,1	0,9	56,5
	Motocicletas de dos tiempos Euro 1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,6	7,9
	Motocicletas de dos tiempos sin norma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,8
Taxis Colectivos	Taxis colectivos a GNC Euro 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	6,1
	Taxis colectivos diesel Euro 1	0,1	0,1	0,0	1,2	0,8	0,1	313,8
	Taxis colectivos diesel Euro 3	0,2	0,2	0,0	2,8	0,4	0,1	626,3
	Taxis colectivos gasolineros Euro 1	0,1	0,2	0,0	12,2	56,9	6,0	2.437,3
	Taxis colectivos gasolineros Euro 3	0,2	0,3	0,1	4,2	26,1	1,8	4.178,6
Vehículos de alquiler	Vehículos de alquiler diesel Euro 1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	33,2
	Vehículos de alquiler diesel Euro 3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	15,3
	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	0,0	0,0	0,0	1,2	4,2	1,1	163,4
	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	0,0	0,0	0,0	0,8	3,7	0,6	438,8
Vehículos livianos comerciales	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	71,3
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel sin norma	2,5	2,7	0,0	4,3	7,0	1,4	259,1
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 1	0,0	0,0	0,0	3,5	101,1	8,8	182,5
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 2	-	-	0,0	0,0	0,2	0,0	22,5
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 3	0,0	0,0	0,0	0,3	30,9	1,0	169,8
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	326,1
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros no catalíticos	0,0	0,0	0,0	19,7	678,6	258,2	637,1
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 1	0,9	1,0	0,0	11,8	4,5	1,5	2.105,8
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 2	0,2	0,2	0,0	3,5	1,2	0,4	642,9
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 3	0,6	0,7	0,0	9,7	3,6	0,9	2.055,3
	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel sin norma	0,1	0,1	0,0	0,4	0,3	0,0	60,2
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1	0,2	0,3	0,1	34,2	206,3	14,9	6.626,3

	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2	-	-	0,0	0,2	2,5	0,0	203,0
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3	0,0	0,1	0,0	1,2	15,3	0,6	1.617,9
	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos	0,0	0,1	0,0	40,2	114,4	29,1	1.283,8
Vehículos Livianos Particulares	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 1	0,5	0,5	0,0	2,9	2,6	0,5	618,0
	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 3	0,5	0,6	0,0	5,3	2,3	0,6	1.040,5
	Vehículos livianos de pasajeros diesel Pre Euro	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	17,5
	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 1	0,6	1,1	0,3	137,3	399,5	134,5	14.266,0
	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 3	0,5	0,9	0,2	39,3	105,6	29,5	12.509,0
	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros no catalíticos	0,1	0,2	0,1	106,3	601,5	231,3	3.334,2
Vehículos medianos	Vehículos Medianos diesel Euro 1	0,1	0,1	0,0	2,2	0,8	0,2	395,3
	Vehículos Medianos diesel Euro 2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,1	118,7
	Vehículos Medianos diesel Euro 3	0,1	0,1	0,0	1,8	0,6	0,1	385,8
	Vehículos Medianos diesel sin norma	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	10,9
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 1	-	-	0,0	1,9	16,5	0,9	1.243,8
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 2	-	-	0,0	0,0	0,3	0,0	37,5
	Vehículos Medianos gasolineros Euro 3	-	-	0,0	0,1	2,1	0,0	303,7
	Vehículos Medianos gasolineros no catalíticos	-	-	0,0	2,8	13,9	1,7	241,0
	TOTAL	14,19	16,66	1,15	583,00	2.530	752	70.658

La siguiente tabla presenta las emisiones estimadas para cada categoría vehicular de manera resumida, lo que permite visualizar las emisiones provenientes de buses, camiones, motocicletas, taxis colectivos, vehículos de alquiler, comerciales y particulares.

Tabla 3. Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en Ruta para Valdivia por subcategoría vehicular

Categoría Vehicular	MP 2,5	MP10	SO2	NOx	CO	COVs	CO2
Buses licitados urbanos	5,4	5,7	0,1	100,5	33,0	15,6	8.770,0
Camiones livianos	0,5	0,6	0,0	9,5	2,6	1,3	884,6
Camiones medianos	0,4	0,4	0,0	11,5	2,6	0,9	933,5
Camiones pesados	0,1	0,2	0,0	4,5	1,0	0,3	441,6
Motocicletas	0,0	0,1	0,0	4,2	85,8	8,1	625,0
Taxis colectivo	0,5	0,8	0,1	20,6	84,4	8,1	7.562,2
Vehículos de alquiler	0,0	0,1	0,0	2,2	8,0	1,7	650,7
Vehículos comerciales	4,7	5,3	0,3	129,4	1.167,2	317,0	16.269,4
Vehículos particulares	2,5	3,6	0,6	300,7	1.146,0	399,5	34.521,8
TOTAL	14,2	16,7	1,1	583,0	2.530,6	752,4	70.658,7

De la tabla anterior se desprende la información para hacer una comparación entre las distintas categorías vehiculares en relación a su aporte porcentual en la emisión de cada contaminante. De esta manera es posible determinar que para el material particulado (MP10 y MP2,5) el principal aporte proviene de vehículos comerciales y buses urbanos. Para el resto de contaminantes (SO2, NOx, CO, COVs) el principal aporte proviene de los vehículos de tipo particular y comerciales, lo cual está asociado a que estas últimas categorías utilizan principalmente gasolina como combustible.

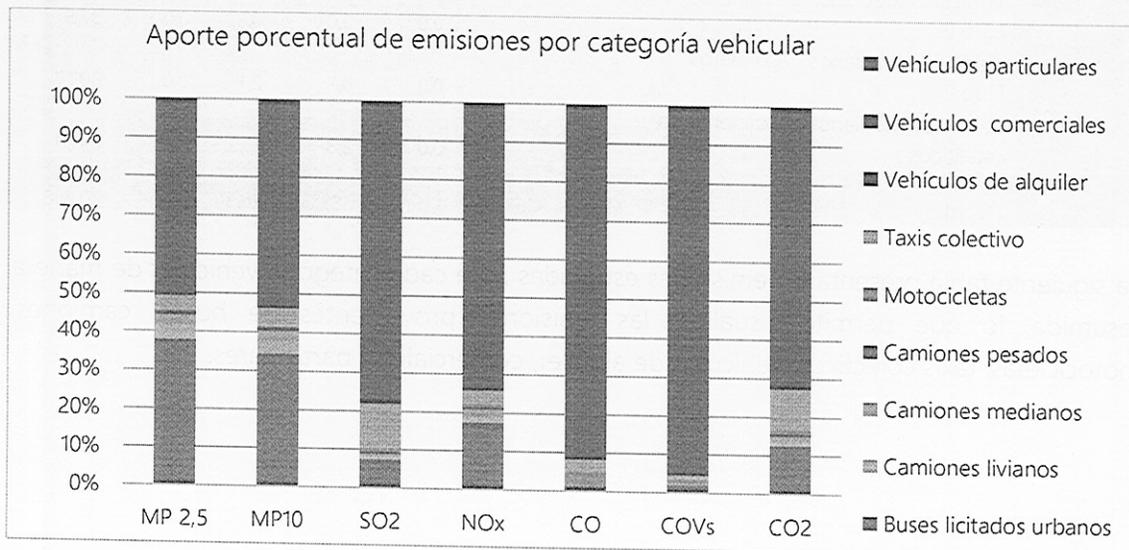


Figura 3. Aporte Porcentual de emisiones por categoría vehicular Valdivia

Las siguientes figuras presentan el aporte porcentual de contaminantes atmosféricos proveniente de cada categoría vehicular, separada por contaminante, en donde es posible apreciar en detalle el aporte de cada categoría vehicular.

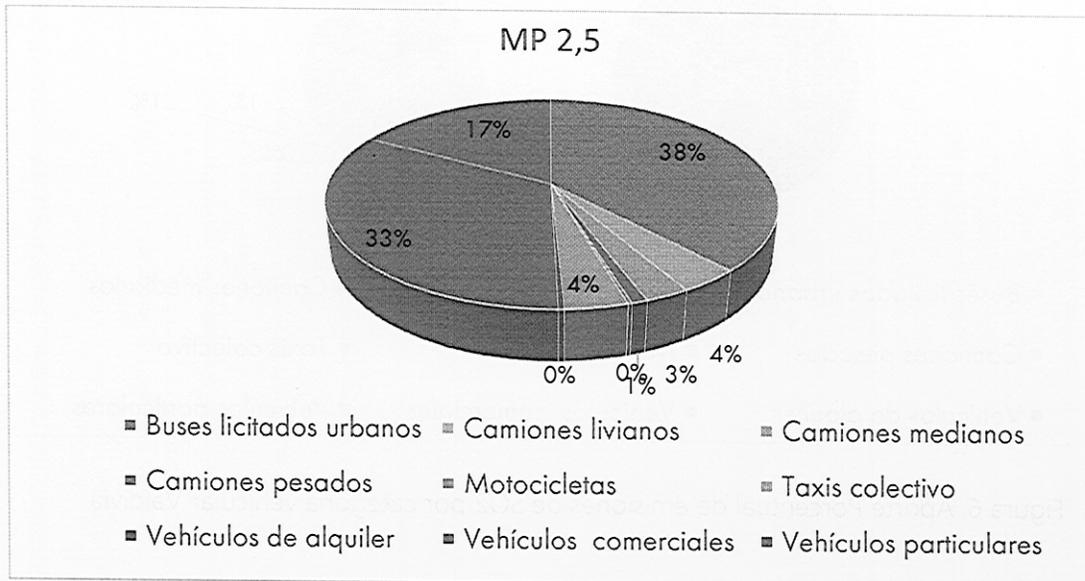


Figura 4. Aporte Porcentual de emisiones de MP2,5 por categoría vehicular Valdivia

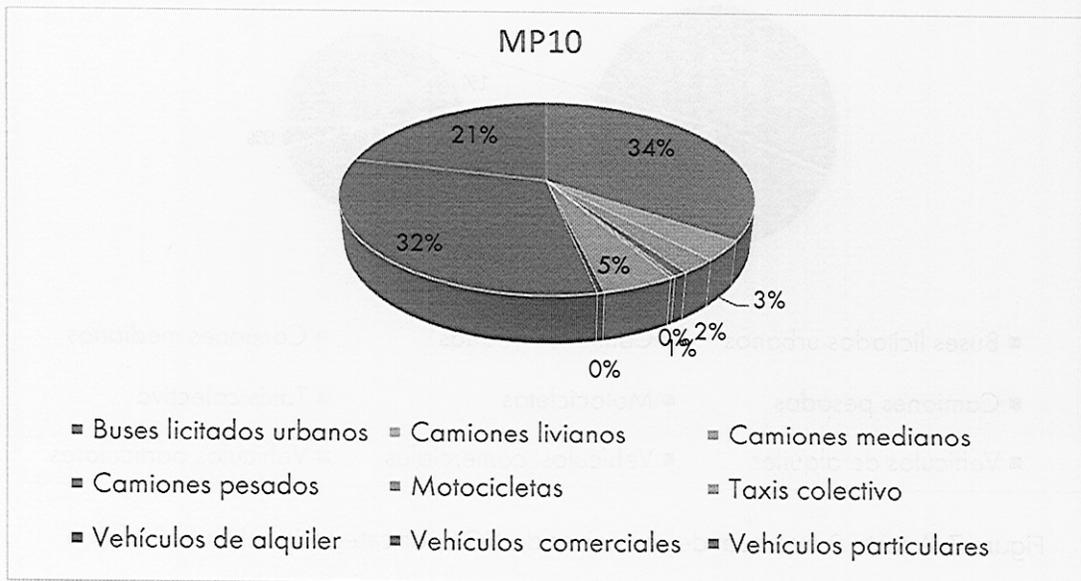


Figura 5. Aporte Porcentual de emisiones de MP10 por categoría vehicular Valdivia

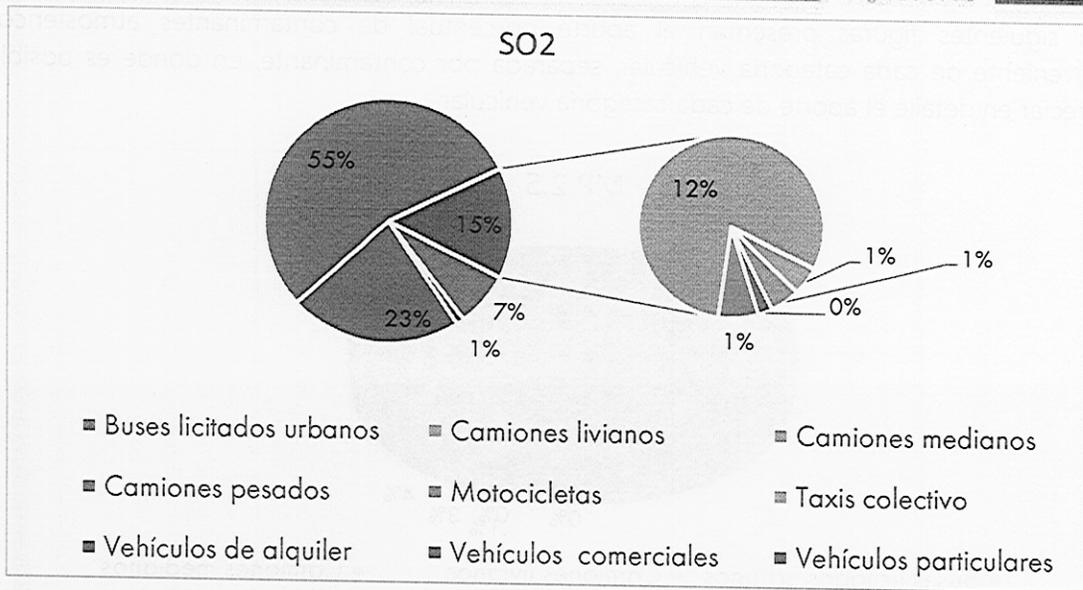


Figura 6. Aporte Porcentual de emisiones de SO2 por categoría vehicular Valdivia

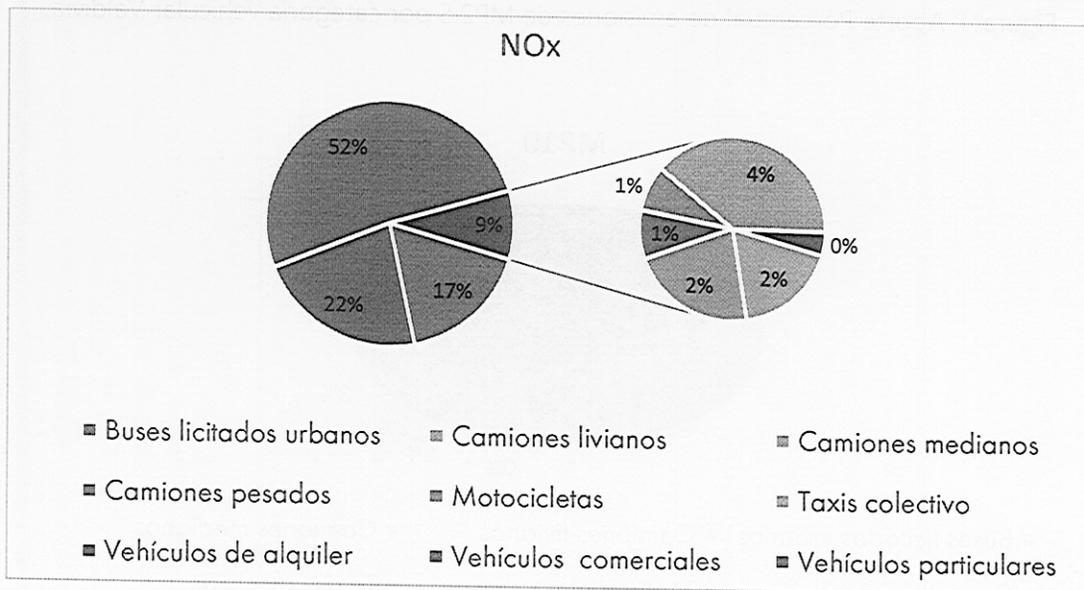


Figura 7. Aporte Porcentual de emisiones de NOx por categoría vehicular Valdivia

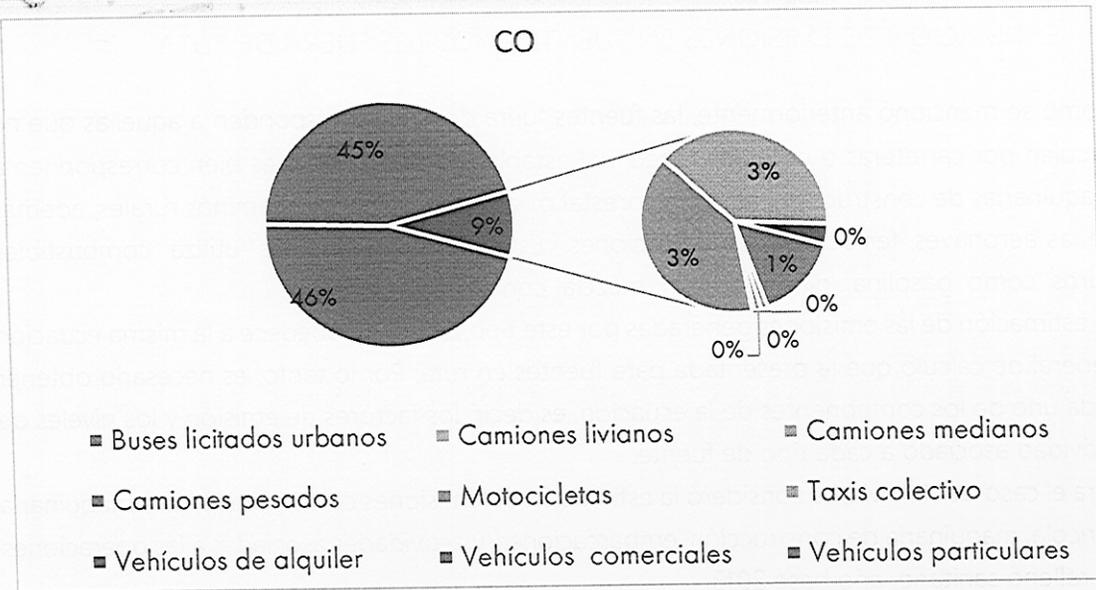


Figura 8. Aporte Porcentual de emisiones de CO por categoría vehicular Valdivia

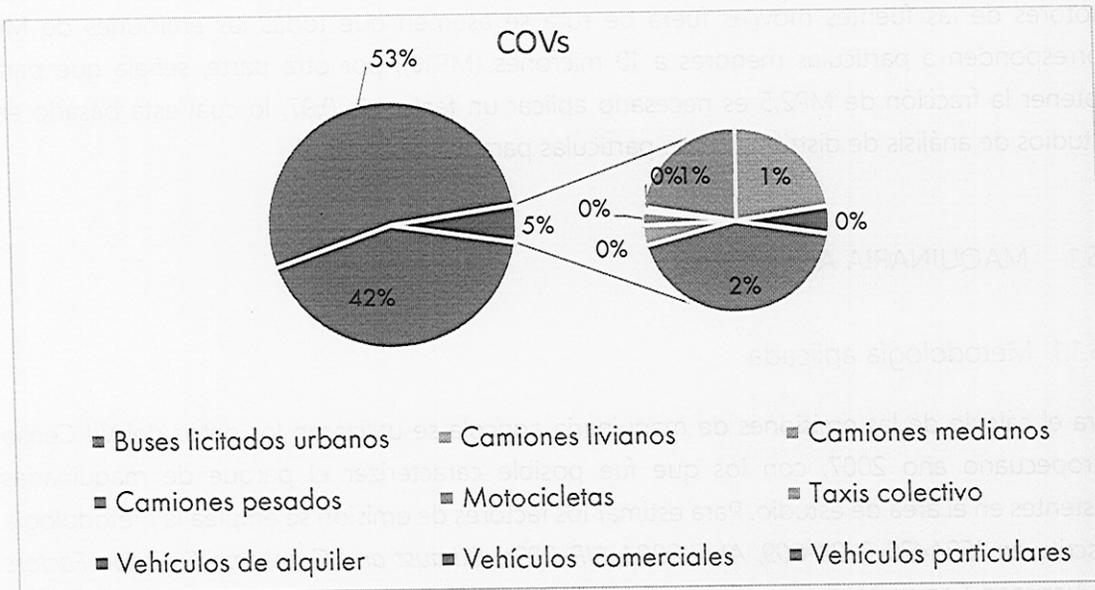


Figura 9. Aporte Porcentual de emisiones de COVs por categoría vehicular Valdivia

1.5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA

Como se mencionó anteriormente, las fuentes fuera de ruta corresponden a aquellas que no circulan por carreteras o calles de la red vial establecida, si no que más bien corresponden a maquinarias de construcción, agrícola, forestal o las que circulan por caminos rurales, además de las aeronaves, ferrocarril y embarcaciones. Este tipo de vehículos utiliza combustibles puros como gasolina, diesel, gas, o mezcla con sistemas mixtos.

La estimación de las emisiones generadas por este tipo de fuente obedece a la misma ecuación general de cálculo que la presentada para fuentes en ruta. Por lo tanto, es necesario obtener cada uno de los componentes de la ecuación, es decir, los factores de emisión y los niveles de actividad asociado a cada tipo de fuente.

Para el caso de Valdivia, se consideró la estimación de emisiones correspondiente a maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, embarcaciones, y actividades asociadas a las operaciones de relleno sanitario, año base 2013.

Es importante mencionar que los factores de emisión están dados para material particulado total, sin embargo la metodología EPA establece que para emisiones provenientes de los motores de las fuentes móviles fuera de ruta se asumen que todas las emisiones de MP corresponden a partículas menores a 10 micrones (MP10), por otra parte, señala que para obtener la fracción de MP2,5 es necesario aplicar un factor de 0,97, lo cual está basado en estudios de análisis de distribución de partículas para motores diesel.

1.5.1 MAQUINARIA AGRÍCOLA

1.5.1.1 Metodología aplicada

Para el cálculo de las emisiones de maquinaria agrícola se utilizaron los datos del VII Censo Agropecuario año 2007, con los que fue posible caracterizar el parque de maquinarias existentes en el área de estudio. Para estimar los factores de emisión se emplea la metodología descrita en "EPA420-P-04-009, Abril 2004, NR-009c, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling--Compression-Ignition" ^[21]. La ecuación general de cálculo se describe como:

$$E_{i,k} = EF_i * T_k * C_k * W$$

Donde:

- $E_{i,k}$: Emisiones del contaminante i producidas por un vehículo tipo k
- EF_i : Factor de emisión del contaminante i para los vehículos tipo k
- T_k : Tiempo de operación promedio de los vehículos del tipo k

- C_k : Porcentaje de carga (respecto a la potencia nominal) durante la operación normal de los vehículos tipo k
- W : Potencia nominal (hp)

1.5.1.2 Factor de emisión y nivel de actividad

El nivel de actividad está dado por las horas de uso de las distintas maquinarias de uso agrícola, para los principales cultivos desarrollados en la Comuna. La tabla 4 presenta las horas de uso por tipo de maquinaria según actividad y tipo de cultivo. Luego en la tabla 5 se presentan las hectáreas por tipo de cultivo de la comuna de Valdivia, de acuerdo a cifras entregadas por el Censo Agropecuario año 2007.

Tabla 4. Horas de Uso de maquinaria por Hectárea según Actividad y tipo de cultivo Comuna de Valdivia

	Actividad	Cereales y Chacras	Industriales	Hortalizas	Frutales
Actividad	Aradura	2	2	2	0
	Rastra	4	4	4	0
	Aplicación de Líquidos	2	2	4	2
	Cultivación	1	1	1	0
Maquinaria	Tractor (Total)	9	9	11	2
	Cosechadora	2	2	0	0

Fuente: Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región, CONAMA 2007 - 2008 (Obtenido de la Guía de Inventarios de Emisiones, MMA)

Tabla 5. Superficie (Ha) por tipo de cultivo Comuna de Valdivia

Tipo Cultivo	Superficie (Ha)	
	Año 2007	Año 1997
Cereales y Chacras	277,30	218,40
Industriales	32,00	64,00
Hortalizas	71,62	115,99
Frutales	330,90	315,00
Total	711,82	713,39

Fuente: Censo Agropecuario 2007. CUADRO 6: SUPERFICIE TOTAL SEMBRADA O PLANTADA POR GRUPO DE CULTIVOS, SEGÚN REGIÓN, PROVINCIA Y COMUNA

Con la información anterior se determinó el nivel de actividad para la utilización de la maquinaria agrícola empleada en la comuna de Valdivia.

Tabla 6. Nivel de Actividad Maquinaria Agrícola Año 2013 (Horas Funcionamiento)

Actividad	Actividad	Cereales y Chacras	Industriales	Hortalizas	Frutales	Total
Maquinaria	Tractor (Total)	2.495,7	288,0	787,820	661,800	4.233,3
	Cosechadora	554,60	64,0	-	-	618,6

Fuente: Elaboración Propia

Los factores de emisión están compuestos por varios factores cuyos valores son obtenidos mediante tablas presentadas en las metodologías propuestas por la EPA, para estimación de emisiones de fuentes fuera de ruta y que se presentan en los Anexos 2, 3 y 4 del presente capítulo. Estos factores deben ser ajustados para todos los contaminantes en estudio, de esta manera el factor de emisión para HC, CO, NOx debe ajustarse de acuerdo a lo señalado en la ecuación siguiente.

$$EF_{adj}(HC, CO, NOx) = EF_{SS} \times TAF \times DF$$

Donde:

- EF_{adj}** : Factor de emisión ajustado (g/Hp-h)
EF_{SS} : Factor de emisión en caliente (g/Hp-h)
TAF : Factor de ajuste transiente
DF : Factor de deterioro

$$DF = 1 + A \times (Age\ factor)^b \quad \text{Factor de edad } \leq 1$$

$$DF = 1 + A \quad \text{Factor de edad } > 1$$

Donde:

$$Age\ Factor = \text{fracción de vida media expandida} = \frac{(\text{horas acumuladas} \times \text{factor de carga})}{\text{vida media a plena carga (h)}}$$

A y b: Constantes dadas para cada tipo de tecnología.

Para determinar el factor de emisión para el material particulado, este debe ajustarse de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$EF_{adj}(PM) = EF_{SS} \times TAF \times DF - S_{PMadj}$$

Donde:

S_{PMadj}: Ajuste del factor de emisión de PM de acuerdo a la variación del contenido de sulfuro.

A su vez, el término anterior se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$S_{PMadj} = BSFC \times 453,6 \times 7 \times soxcnv \times 0,01 \times (soxbas - soxdsl)$$

Donde:

- S_{PMadj}** : Ajuste del factor de emisión de PM de acuerdo a la variación del contenido de sulfuro (g/ Hp-h)
- BSFC** : Consumo de combustible específico del freno (lb combustible/ Hp-h)
- 453,6** : Conversión de libras a gramos
- 7** : gramos de PM sulfato/ gramos de PM sulfuro
- soxcnv** : gramos de PM sulfuro/ gramos de sulfuro combustible consumido
- 0,01** : Conversión de porcentaje a fracción
- soxbas** : Porcentaje de peso por defecto de sulfuro en el combustible
- soxdsl** : Porcentaje de peso de sulfuro en combustible

Con la información anterior y los valores obtenidos en las tablas señaladas para la metodología EPA se calcularon los valores para los factores de emisión que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Cálculo de los factores de emisión ajustados

Maquinaria	Factor Emisión ajustado (g/hp-h)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
Tractor < 60 HP	0,3028	2,5812	4,5319	0,5905	0,9121	595,3072
Tractor 60 - 90 HP	0,3987	3,9848	4,5052	0,4113	0,9116	595,0014
Tractor > 90 HP	0,3674	1,4600	3,9301	0,3050	0,8200	535,1816
Cosechadora	0,3349	1,2592	3,8342	0,2173	0,8201	535,2851

1.5.1.3 Estimación de emisiones

Con la información presentada se realizó el cálculo para la estimación de emisiones provenientes de la maquinaria agrícola para la comuna de Valdivia.

Tabla 8. Estimación de emisiones de maquinaria agrícola

Maquinaria	Estimación Emisiones (Ton/año)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
Tractor < 60 HP	0,017	0,145	0,254	0,033	0,051	33,417
Tractor 60 - 90 HP	0,060	0,602	0,681	0,062	0,138	89,884
Tractor > 90 HP	0,025	0,100	0,270	0,021	0,056	36,816
Cosechadora	0,029	0,109	0,333	0,019	0,071	46,490
TOTAL	0,017	0,145	0,254	0,033	0,051	33,417

1.5.2 MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

1.5.2.1 Metodología aplicada

La estimación de emisiones provenientes de maquinaria empleada en las faenas de construcción obedece a la misma metodología presentada para la maquinaria agrícola. La diferencia radica en la obtención de los niveles de actividad.

1.5.2.2 Factor de emisión y nivel de actividad

El nivel de actividad para esta fuente está dado por el número de horas de funcionamiento por tipo de maquinaria en función de los metros cuadrados de emplazamiento. Para esto existen valores estandarizados, los que se presentan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 9. Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo

Pisos	M2 prom.	Retroexcavadora Chica		Retroexcavadora		Compactador					
		N°	Hrs de uso	N°	Hrs de uso	Doble tambor		Placa		Pata Hidropistón	
						N°	Hrs de uso	N°	Hrs de uso	N°	Hrs de uso
1	60	1	3,5					1	1,5		
2	80	1	5,0					1	2,5		
3	200			1	8,0	1	6,5	1	6	1	3,0
4	350			1	8,0	1	6,5	1	10,5	1	5,3
5	500	1	312,5	1	70,0	1	60,9	1	37,5	1	18,8
6	500	1	406,25	1	70,0	1	60,9	1	37,5	1	18,8
7	500	1	528,13	1	70,0	1	60,9	1	37,5	1	18,8
8	500	1	686,56	1	70,0	1	60,9	1	37,5	1	18,8
9 ó más	500	1	892,53	1	70,0	1	60,9	1	37,5	1	18,8

Fuente: Estudio Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana 2005, CONAMA RM 2006 (Obtenido de la Guía de Inventarios de Emisiones, MMA)

La siguiente tabla presenta los demás factores necesarios para el cálculo de las emisiones provenientes de la fuente.

Tabla 10. Valores utilizados para Factor de Carga y Potencia, según tipo de maquinaria

Maquinaria	Ck	W (HP)
Retroexcavadora Chica	0,50	80
Retroexcavadora	0,53	228
Cargador Frontal	0,50	80
Compactador	0,80	40
Vibrador de hormigón chico	0,80	10
Grúa	0,30	5

Fuente: Estudio Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana 2005, CONAMA RM 2006 (Obtenido de la Guía de Inventarios de Emisiones, MMA)

Luego, se consultó el registro de recepción de obras de la Municipalidad de Valdivia, para determinar la superficie edificada por número de pisos, la información disponible corresponde al año 2014, siendo la única disponible para la Comuna de Valdivia, por lo que se asumió que el rubro tuvo un comportamiento similar para el año 2013.

Tabla 11. Superficie de nuevas construcciones (m²) por N° Pisos Comuna de Valdivia

N° Pisos	M ²
1	38.797,00
2	61.653,00
3	1.715,00
4	505,00
5	-
6	-
Total	102.670,00

Fuente: Registro de Recepción de Obras. Municipalidad de Valdivia Año 2014

Con la información presentada, se realizó el cálculo para el nivel de actividad de la maquinaria de construcción empleada en la comuna de Valdivia, en horas de funcionamiento, lo cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 12. Nivel de Actividad Maquinaria de Construcción Comuna de Valdivia (Horas funcionamiento)

Maquinaria	1 piso	2 Pisos	3 Pisos	4 Pisos	Total Hrs Uso
Retroexcavadora Chica	2.263,16	3.853,31	-	-	6.116,47
Retroexcavadora	-	-	68,60	11,54	80,14
Compactador - Doble Tambor	-	-	55,74	9,38	65,12
Compactador - Placa	969,93	1.926,66	51,45	15,15	2.963,18
Compactador - Pata Hidropistón	-	-	25,73	7,58	33,30
Vibrador de hormigón chico	2.909,78	5.201,97	162,07	47,73	8.321,54

Para obtener los factores de emisión, se empleó la misma metodología presentada para la obtención de los factores de maquinaria agrícola. Éstos son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 13. Factores de emisión maquinaria de Construcción

Maquinaria	Factor Emisión Ajustado (g/hp-h)					
	HC	CO	NO _x	PM	SO ₂	CO ₂
Retroexcavadora Chica	0,87	6,69	5,22	0,67	1,06	693,86
Retroexcavadora	0,73	2,12	4,44	0,36	0,96	624,30
Compactador - Doble Tambor	0,38	2,60	4,74	0,33	0,90	589,16
Compactador - Placa	0,29	1,69	4,77	0,48	0,90	589,45
Compactador - Pata Hidropistón	0,57	4,53	4,34	0,71	0,90	588,55
Vibrador de hormigón chico	0,60	6,93	4,12	0,88	0,91	594,37

1.5.2.3 Estimación de emisiones

Con la información presentada se realizó el cálculo para la estimación de emisiones provenientes de la maquinaria de construcción para la comuna de Valdivia.

Tabla 14. Estimación de emisiones Maquinaria de Construcción

Potencia Motor	Estimación Emisiones (Ton/año)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
Retroexcavadora Chica (80 hp)	0,213	1,638	1,276	0,164	0,260	169,76
Retroexcavadora (228 hp)	0,007	0,020	0,043	0,003	0,009	6,05
Compactador - Doble Tambor (80 hp)	0,001	0,007	0,012	0,001	0,002	1,55
Compactador - Placa (40 hp)	0,027	0,160	0,452	0,045	0,086	55,89
Compactador - Pata Hidropistón (10 hp)	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,16
Vibrador de hormigón chico (5 hp)	0,007	0,086	0,051	0,011	0,011	7,419
TOTAL	0,256	1,913	1,837	0,224	0,369	240,81

1.5.3 RELLENO SANITARIO

1.5.3.1 Metodología aplicada

La metodología aplicada es la propuesta por la EPA y es la misma que se ha aplicado para la maquinaria agrícola y de construcción.

1.5.3.2 Factor de emisión y nivel de actividad

El nivel de actividad está dado por las horas de funcionamiento de la maquinaria utilizada en las operaciones del vertedero de la comuna de Valdivia, que hasta el año base corresponde a las actividades desarrolladas por el Vertedero Municipal Morrompulli.

Dado que no fue posible contar con información de las actividades del vertedero, la información necesaria para estimar el nivel de actividad se obtuvo de diversas fuentes, las cuales se presentan bajo la tabla como referencia.

Tabla 15. Maquinaria utilizada en la operación del vertedero de Valdivia

Nombre Relleno	Tipo de Maquinaria	Porcentaje de Carga	Potencia (Hp) ⁽¹⁾	Horas uso (año) ⁽²⁾	Unidades ⁽³⁾
	RETROEXCAVADORA	0,94	120	1200	1
	BULLDOZER	0,97	165	1200	2

CARGADORES FRONTALES	0,97	250	1200	1
----------------------	------	-----	------	---

Fuente:

- (1) Obtenido en base a Proyecto Relleno Sanitario Valdivia (E-SEIA)
- (2) En base a horas de operación de vertedero similares características y maquinarias (Centro de Manejo de Residuos Llanquihue)
- (3) En base a Licitación Pública "CONCESIÓN DEL SERVICIO DE OPERACIÓN VERTEDERO MORROMPULLI"

Los factores de emisión calculados para esta fuente se presentan en la tabla siguiente y se estimaron de acuerdo a la metodología EPA aplicada para las demás fuentes móviles fuera de ruta.

Tabla 16. Factores de emisión asociadas al uso de maquinaria en la operación del vertedero

Maquinaria	Factor Emisión Ajustado (g/hp-h)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
RETROEXCAVADORA	0,80	2,45	4,55	0,50	0,956	624,075
BULLDOZER	0,37	1,46	3,93	0,30	0,820	535,18
CARGADORES FRONTALES	0,33	1,26	3,83	0,22	0,820	535,285

1.5.3.3 Estimación de emisiones

Con la información presentada se realizó el cálculo para la estimación de emisiones provenientes de la maquinaria empleada en la operación del vertedero Municipal de Valdivia.

Tabla 17. Estimación de emisiones proveniente de la maquinaria de operación del vertedero

Maquinaria	Estimación Emisiones (Ton/año)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
RETROEXCAVADORA	0,11	0,33	0,62	0,07	0,13	84,47
BULLDOZER	0,07	0,28	0,75	0,06	0,16	102,79
CARGADORES FRONTALES	0,10	0,37	1,12	0,06	0,24	155,77
TOTAL	0,28	0,98	2,49	0,19	0,53	343,03

1.5.4 EMBARCACIONES

1.5.4.1 Metodología aplicada

Para el cálculo de las emisiones provenientes de las embarcaciones, se establece una metodología propuesta por la EPA, basada en "Inventory of Air Pollutant Emissions from Marine Vessels, Final Report". Dicha metodología establece que las emisiones están dadas por el nivel de actividad que está determinado por el consumo de combustible y un factor de emisión que es dependiente del tipo de combustible utilizado. Sin embargo, esta metodología representa una aproximación para la estimación de emisiones de las embarcaciones de la comuna de Valdivia, por cuanto, éstas últimas corresponden a pequeñas embarcaciones normalmente destinadas al turismo, lo cual no está representado en los factores de emisión de la metodología presentada, pues, éstos obedecen a embarcaciones con motores de mayor envergadura, de actividades comerciales y/o transporte marítimo. Sin embargo, representa una aproximación para estimar las emisiones provenientes de esta fuente.

$$E = \sum (\text{Combustible consumido } a * \text{Factor de emisión } a)$$

1.5.4.2 Factor de emisión y nivel de actividad

Los factores de emisión para esta fuente, se presentan a continuación y dependen del tipo de combustible utilizado.

Tabla 18. Factor de emisión embarcaciones

Potencia Motor	Factor de emisión (kg/Ton combustible) ⁽²⁾								
	PTS	NOx	CO	SOx	NMVOG	CH4	N2O	CO2	HC
100-175 HP	1,1	72	7,4	10	2,4	0,05	0,08	3170	0,09322

Fuente: Guía de Inventarios de Emisiones, MMA)

Para determinar el nivel de actividad, esto es, el consumo de combustible por embarcación, se aplicó una encuesta en terreno, consultando a los encargados de las embarcaciones, la información necesaria. Dicha información se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 19. Estimación de emisiones proveniente de la maquinaria de operación del vertedero

Nombre embarcación	Uso	Año Const.	Motor	HP Estimado	Consumo Diesel (L/mes)	NA (Ton/año)
Marques de Mancera	Pasajeros	1997	2 motores Caterpillar	230	7800	84,24
Reina Sofía	Pasajeros	1998	2 motores Yamaha	150	5760	62,208
Catamarán Discovery	Pasajeros	2001	2 motores Mercury	220	5460	58,968
Aguas Verdes	Pasajeros	2003	Mercusier	320	6240	67,392
Explorador	Pasajeros	1996	Caterpillar	230	6820	73,656
Iceberg	Pasajeros	1994			7240	78,192
TOTAL						424,66

Fuente: Elaboración Propia a través de encuesta en terreno al personal de las embarcaciones

1.5.4.3 Estimación de emisiones

Con la información entregada en los puntos anteriores, se realizó el cálculo de las emisiones provenientes de los motores de las embarcaciones instaladas en la Comuna de Valdivia.

Tabla 20. Estimación de emisiones provenientes de las embarcaciones

Maquinaria	Emisiones (Ton/año)					
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
Marques de Mancera	0,01	0,62	6,07	0,09	0,84	267,04
Reina Sofía	0,01	0,46	4,48	0,07	0,62	197,20
Catamarán Discovery	0,01	0,44	4,25	0,06	0,59	186,93
Aguas Verdes	0,01	0,50	4,85	0,07	0,67	213,63
Explorador	0,01	0,55	5,30	0,08	0,74	233,49
Iceberg	0,01	0,58	5,63	0,09	0,78	247,87
Total	0,04	3,14	30,58	0,47	4,25	1.346,16



1.6 RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA

Los resultados de la estimación de emisiones para fuentes móviles fuera de ruta, se presentan a continuación en la siguiente tabla. De acuerdo a los resultados, se obtiene que la fuente que genera un mayor aporte a las emisiones de MP corresponde a las embarcaciones, lo cual es probablemente atribuible a que la metodología y factores de emisión disponibles corresponde a grandes embarcaciones, lo cual sobreestima la realidad encontrada en la comuna de Valdivia, ya que esta fuente está representada por pequeñas embarcaciones destinadas al transporte de pasajeros con fines turísticos.

Por otra parte, se aprecia que la maquinaria agrícola representa un aporte menor a las emisiones totales de esta fuente, lo que va directamente asociado a que la superficie cultivada en la comuna de Valdivia es relativamente menor, comparado con otras comunas, en donde la maquinaria agrícola es más relevante en cuanto a su aporte a las emisiones.

Tabla 21. Estimación de emisiones proveniente las embarcaciones

Fuente	Estimación Emisiones (Ton/año)							
	HC	CO	NOx	PM	SO ₂	PM10	PM2,5	CO ₂
Maquinaria Agrícola	0,13	0,96	1,54	0,14	0,32	0,14	0,13	206,61
Maquinaria Construcción	0,26	1,91	1,84	0,22	0,37	0,22	0,22	240,81
Embarcaciones	0,04	3,14	30,58	0,47	4,25	0,37	0,36	1.346,16
Relleno Sanitario	0,28	0,98	2,49	0,19	0,53	0,19	0,18	343,03
Total	0,70	6,99	36,44	1,02	5,46	0,92	0,89	2.136,61

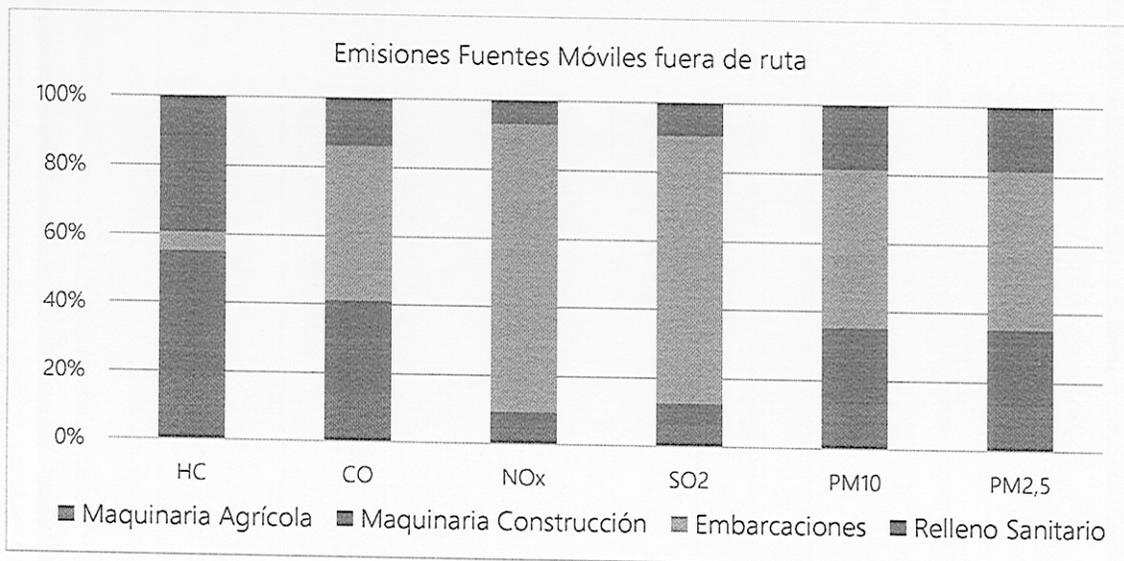


Figura 10. Aporte Porcentual de emisiones por tipo de fuente móvil fuera de ruta

1.7 RESULTADOS EMISIONES FUENTES MÓVILES

A continuación se presentan los resultados para la estimación de emisiones provenientes de fuentes móviles en ruta y fuera de ruta para la Comuna de Valdivia, año base 2013. Es posible apreciar que las fuentes móviles fuera de ruta representan una pequeña fracción de la totalidad de las emisiones generadas por esta fuente.

Tabla 22. Estimación de emisiones proveniente de Fuentes Móviles Comuna de Valdivia

Fuente		Emisión (Ton/año)						
		MP10	MP 2,5	SO2	NOx	CO	COVs	CO2
Móviles En Ruta	Categoría Vehicular							
	Buses licitados urbanos	5,74	5,36	0,08	100,48	33,00	15,61	8770,05
	Camiones livianos	0,56	0,53	0,01	9,45	2,63	1,28	884,60
	Camiones medianos	0,40	0,39	0,01	11,48	2,59	0,87	933,46
	Camiones pesados	0,15	0,14	0,00	4,53	1,02	0,27	441,59
	Motocicletas	0,06	0,03	0,01	4,17	85,84	8,15	624,99
	Taxis colectivo	0,80	0,54	0,13	20,59	84,37	8,08	7562,17
	Vehículos de alquiler	0,07	0,05	0,01	2,19	8,00	1,69	650,65
	Vehículos comerciales	5,29	4,70	0,26	129,44	1167,19	317,02	16269,41
	Vehículos particulares	3,58	2,45	0,63	300,66	1145,95	399,46	34521,79
	Total FM en ruta	16,66	14,19	1,15	583,00	2530,59	752,43	70658,70
Móviles Fuera	Maquinaria Agrícola	0,14	0,13	0,32	1,54	0,96	ND	206,61
	Maquinaria Construcción	0,22	0,22	0,37	1,84	1,91	ND	240,81
	Embarcaciones	0,37	0,36	4,25	30,58	3,14	1,02	1346,16
	Relleno Sanitario	0,19	0,18	0,53	2,49	0,98	ND	343,03
	Total FM fuera de ruta	0,92	0,89	5,46	36,44	6,99	1,02	2136,61
Total Fuentes Móviles		17,58	15,09	6,61	619,44	2537,58	753,45	72795,31

ND: No determinado

2 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados para el material particulado (MP10 y MP2,5) el principal aporte proviene de vehículos comerciales y buses urbanos.
- Para los contaminantes SO₂, NO_x, CO, COVs el principal aporte proviene de los vehículos de tipo particular y comercial, lo cual está asociado a que estas últimas categorías utilizan principalmente gasolina como combustible.
- Para las fuentes fuera de ruta se obtiene que la fuente que genera un mayor aporte a las emisiones de MP corresponde a las embarcaciones, lo cual es probablemente atribuible a que la metodología y factores de emisión disponibles corresponde a grandes embarcaciones, lo cual sobreestima la realidad encontrada en la comuna de Valdivia, ya que esta fuente está representada por pequeñas embarcaciones destinadas al transporte de pasajeros con fines turísticos.
- La maquinaria agrícola representa un aporte menor a las emisiones totales de esta fuente, lo que va directamente asociado a que la superficie cultivada en la comuna de Valdivia es relativamente menor, comparado con otras comunas, en donde la maquinaria agrícola es más relevante en cuanto a su aporte a las emisiones.

3 ANEXOS

3.1 ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN ASOCIADOS A LAS FUENTES MÓVILES A UTILIZAR EN EL INVENTARIO DE VALDIVIA AÑO BASE 2013.

De acuerdo a las categorías vehiculares antes descritas, se presentan los factores de emisión, empleados en estudios anteriores de SECTRA, reportados en "Investigación e Instrumentos de Planificación Ambiental para Ciudades Intermedias, Etapa I, II y III".

Tabla 23. Factores de Emisión para Buses del Transporte Público, Interurbano, Rurales y Particulares

Categoría	Cont.	Factor de Emisión	Fuente
Buses Licitados Urbanos Diesel VTT (Sin norma de emisión) y Buses Rurales Diesel Convencional y Buses particulares	CO	$((2,06009658797102 + (12,4887688587286 * \exp(((-1) * 0,0505255998584954) * V)))) + (23,5557007665851 * \exp(((-1) * 0,211694370574096) * V))$	COPERTIV
	HC	$((0,729005985398433 + (5,27683496706808 * \exp(((-1) * 0,0522550898062261) * V))) + (28,1631776942575 * \exp(((-1) * 0,358045190114825) * V)))$	COPERT IV
	NOX	$(10,9405646505257 + (33,6358775966976 * \exp(((-1) * 0,0719192109094799) * V)))$	COPERT IV
	MP	$((0,330392709350419 + (2,12626141356873 * \exp(((-1) * 0,0531758407457396) * V))) + (4,3197507742442 * \exp(((-1) * 0,223814793279102) * V)))$	
	CO2	Nota 1	
	SO2	Nota 2	
	CH4	0,175	
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((216,443587975171 + (812,927971989443 * \exp(((-1) * 0,0678242873099692) * V))) + (156466,268157966 * \exp(((-1) * 1,14658015563429) * V)))$	COPERT IV
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 (EURO I) y Buses Rurales Diesel Tipo 1	CO	$(1 / (0,0590276769213079 + (0,0123794565168397 * V)))$	COPERT IV
	HC	$((0,344339282281007 + (1,97556227639746 * \exp(((-1) * 0,0524563996148317) * V))) + (12,4509232851955 * \exp(((-1) * 0,441753379929044) * V)))$	COPERT IV
	NOX	$((31,9073040842316 + (-0,0216485197526044 * V)) + (((-2,13385494968916 + 0,0216485197526044) * (1 - \exp(((-1) * 0,0883032877351713) * V)))) / 0,0883032877351713)$	COPERT IV
	MP	$(1 / (((-0,000145182007348376 * V / 2) + (0,0707255508462423 * V)) + 0,411713000205326))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV



1566

Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 (EURO II) y Buses Rurales Diesel Tipo 2	CH4	0,175	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((189,016313313149 + (650,877463193704 * \exp(((1) * 0,0675316687575619 * V))) + (2948894,4640992 * \exp(((1) * 1,71276232066011 * V))))$	COPERT IV
	CO	$((11,8955256871342 + (-0,0159405859257982 * V)) + (((-1,00479006566861 + 0,0159405859257982) * (1 - \exp(((1) * 0,100335336466763 * V)))) / 0,100335336466763))$	COPERT IV
	HC	$((0,235792239598881 + (1,39402527860679 * \exp(((1) * 0,0566473804137163 * V)))) + (10,9828352155318 * \exp(((1) * 0,507803202245263 * V))))$	COPERT IV
	NOX	$(6,53723270740573 + (128,918291648142 / (1 + \exp(((1) * -0,749160869317697) + (0,452362447844676 * \ln(V)))) + (0,0470717668581435 * V))))$	COPERT IV
	MP	$(0,114057293662852 + (0,517385292936967 * \exp(-0,0633308347265525 * V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,114	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 (EURO III) y Buses Rurales Diesel Tipo 3	CC	$(189,916479584143 + (640,218297661017 * \exp(-0,0712640456776551 * V)))$
CO		$\exp((4,49459237978435 + (-3,87613016307628 / V)) + (-1,04287581210089 * \ln(V)))$	COPERT IV
HC		$((0,203552960707172 + (1,1801818895166 * \exp(((1) * 0,0539596546222477 * V)))) + (10,3079031432216 * \exp(((1) * 0,52183677102291 * V))))$	COPERT IV
NOX		$(3,97204458653341 + (93,4011475168263 / (1 + \exp(((1) * 1,1663708654914 + (1,13974993702192 * \ln(V)))) + (0,0115236421967199 * V))))$	COPERT IV
MP		$((0,0941400678390497 + (0,453225667665789 * \exp(((1) * 0,0555842529466689 * V)))) + (1250,73523278467 * \exp(((1) * 1,74277938177595 * V))))$	COPERT IV
CO2		Nota 1	COPERT IV
SO2		Nota 2	COPERT IV
CH4		0,103	COPERT IV
N2O		0,03	COPERT III
NH3		0,003	COPERT III
CC		$((193,61077011167 + (617,446606071137 * \exp(((1) * 0,0659151515019985 * V)))) + (52222212,2276168 * \exp(((1) * 2,21550769693125 * V))))$	COPERT IV
CO		$((1,2374142610252 + (8,43448089347279 * \exp(((1) * 0,0470146076535067 * V)))) + (0,0470146076535067 * \exp(((1) * 0,223856493432231 * V))))$	COPERT IV

8021



1567

Buses Interurbanos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)	HC	$((0,164335084865499+(0,0236742853138661*V))((-1)/0,837803220941278))$	COPERT IV
	NOX	$(1/((-0,0000159725232388885*(V 2))+(0,00252178534954003*V)) +0,0153555743505594))$	COPERT IV
	MP	$((0,277394459399096+(1,50797491755461*exp(((1)*0,0455149911697088)*V))) + (2,67500447628517*exp(((1)*0,230306720507304)*V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,175	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((191,094101496311+(738,280641648805*exp(((1)*0,0530257854241657)*V))) + (2369,61308055718*exp(((1)*0,381587794681817)*V)))$	COPERT IV
	Buses Interurbanos Diesel Tipo1 (EURO I)	CO	$((1,01974341308004+(6,04164185183975*exp(((1)*0,0439503981326785)*V)))+(12,8806568134191*exp(((1)*0,202538170719922)*V)))$
HC		$((0,332351787247489+(2,17331289615912*exp(((1)*2,17331289615912)*V)))+(3,41566105651941*exp(((1)*0,151043954326755)*V)))$	COPERT IV
NOX		$((6,31670636044002+(21,4906993117648*exp(((1)*0,0583340033221574)*V)))+(85,7766356671849*exp(((1)*0,382956540968124)*V)))$	COPERT IV
MP		$((0,186272041887835+(1,11854340829562*exp(((1)*0,0402385038628884)*V)))+(1,43430862113027*exp(((1)*0,0402385038628884)*V)))$	COPERT IV
CO2		Nota 1	COPERT IV
SO2		Nota 2	COPERT IV
CH4		0,175	COPERT IV
N2O		0,03	COPERT III
NH3		0,003	COPERT III
CC		$((175,161626205305+(646,643177204604*exp(((1)*0,0514166524577739)*V)))+(3159,81891806033*exp(((1)*0,432772373623944)*V)))$	COPERT IV
Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 (EURO II)	CO	$((1,0008850031912+(5,92534609673967*exp(((1)*0,0526151095799285)*V)))+(16,031866052335*exp(((1)*0,244223968035646)*V)))$	COPERT IV
	HC	$(1/(0,170452633296351+(0,0409644447872211*V)))$	COPERT IV
	NOX	$((6,83481038799362+(24,2137681687706*exp(((1)*0,056571921705510900565719217055109)*V)))+(81,2148544422182*exp(((1)*0,358042508344665)*V)))$	COPERT IV
	MP	$((0,109356689160901+(0,424929311536733*exp(((1)*0,0444988627049973)*V)))+(0,792130437431232*exp(((1)*0,259271964140274)*V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV



Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 (EURO III)	CH4	0,114	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((173,847511007266+(596,162545047804*\exp((-1)*0,048974075282995)*V))+(3566,31377631362*\exp((-1)*0,459079093021153)*V))$	COPERT IV
	CO	$((1,08632604031267+(6,46823166382744*\exp((-1)*0,0457909676088093)*V))+(15,0010348169023*\exp((-1)*0,221904651804259)*V))$	COPERT IV
	HC	$(0,227231246172132+(15,6623993601925/(1+\exp((-1)*0,530825258433305)+(0,64893877880533*\ln(V)))+(0,0270342446309713*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((5,30542698745506+(21,8812199241423*\exp((-1)*0,0529967144180243)*V))+(90,0551365078442*\exp((-1)*0,247649925809256)*V))$	COPERT IV
	MP	$(0,0824673698756213+(1,06820321325441/(1+\exp((-1)*2,35097203495455)+(1,08187915615308*\ln(V)))+(0,0118433684419714*V))))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,103	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((191,107562411866+(700,026927912708*\exp((-1)*0,0528349965193726)*V))+(3813,80268106653*\exp((-1)*0,452232380842497)*V))$	COPERT IV

Tabla 24.. Factores de Emisión para Camiones Livianos, Medianos y Pesados

Categoría	Cont.	Factor de Emisión	Fuente
Camiones Livianos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)	CO	$(1,33100726733857+(21,8449743141392/(1+\exp((-1)*0,504971268965296)+(0,312821696485325*\ln(V)))+(0,0475568824975561*V))))$	COPERT IV
	HC	$(1/(((0,0000255844630417443*(V^2))+(0,0158573273281831*V)))+(0,11912289529115))$	COPERT IV
	NOX	$((9,46863277232646+(0,0442964678823534*V))+(0,32701557278449-0,0444311393753228)*\exp((-1)*0,0444311393753228)*V))$	COPERT IV
	MP	$((0,246679578562812+(0,984448830087052*\exp((-1)*0,0573885647373114)*V)))+(1,35752845755518*\exp((-1)*0,26749736498926)*V))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,085	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$(1/(((1,91572782364273E-06*(V^2))+(0,00022762309493391*V)))+(0,00230855727238828))$	COPERT IV
Camiones Livianos	CO	$((2,76260822702778+(0,00421889760872896*V))+(0,138811740772604-0,00421889760872896)*\exp((-1)*0,0554389021391657)*V))$	COPERT IV

0721



1569

Diesel Tipo 1 (EURO I)	HC	$((0,130363868426115 + (0,655681828989109 * \exp(((- 1) * 0,0414084699523944 * V))) + (0,579903628294934 * \exp(((- 1) * 0,179881862657029) * V))))$	COPERT IV
	NOx	$((8,13180354133249 + (0,0242200749484135 * V) + (((- 0,407155211816616 - 0,0242200749484135) * (1 - \exp(((- 1) * 0,0658736093204939) * V)))) / 0,0658736093204939))$	COPERT IV
	MP	$(0,0964167273833862 + (3,43779854251746 / (1 + \exp(((- 1) * - 1,41939095053924) + (0,249711482093828 * \ln(V)))) + (0,0548730793732454 * V))))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,085	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((0,000300364313299663 * (V^2,68877245308691)) + (465,2532001309 * (V - 0,439861821573344)))$	COPERT IV
Camiones Livianos Diesel Tipo 2 (EURO II)	CO	$(1 / (((- 0,000401995677832104 * (V^2)) + (0,0560938055613096 * V) + 0,251138399156686))$	COPERT IV
	HC	$((0,0784877042388268 + (0,408108802852382 * \exp(((- 1) * 0,0390718963580253) * V))) + (0,415617455652576 * \exp(((- 1) * 0,170177395412051) * V)))$	COPERT IV
	NOx	$((8,95291684317713 + (0,0194993193323207 * V) + (((- 0,460742352779971 - 0,0194993193323207) * (1 - \exp(((- 1) * 0,0688710831899242) * V)))) / 0,0688710831899242))$	COPERT IV
	MP	$(1 / (((- 0,00354622656170774 * (V^2)) + (0,430120737842256 * V) + 5,35203029620273))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,054	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
CC	$((79,2923051995812 + (0,691265263701946 * \exp(((- 1) * - 0,0443036616705716) * V))) + (160,749812580608 * \exp(((- 1) * 0,0710898726022404) * V)))$	COPERT IV	
Camiones Livianos Diesel Tipo 3 (EURO III)	CO	$((0,384175685753069 + (1,84804863651226 * \exp(((- 1) * 0,0509619540591832) * V))) + (1,93685793022589 * \exp(((- 1) * 0,269738391999291) * V)))$	COPERT IV
	HC	$\exp((1,61796979092607 + (-3,95602439373772 / V)) + (-0,928626415189699 * \ln(V)))$	COPERT IV
	NOx	$((0,00737039242272568 * V^1,21572452124539) + (31,1925613553879 * (V - 0,770235702682926)))$	COPERT IV
	MP	$((0,0367880549836508 + (0,139633163159989 * \exp(((- 1) * 0,0436830501044176) * V))) + (0,0425857574319341 * \exp(((- 1) * 0,138843359773111) * V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV



	CH4	0,048	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
Camiones Medianos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)	CC	$((0,000522014929286038*(V^{2,55885160394032})+(437,509114853118*(V^{-0,421565701925295})))$	COPERT IV
	CO	$((1,64079704915359+(7,53707525840325*exp(((1-1)*0,0569133419838688)*V)))+(11,8122149716005*exp(((1-1)*0,227682503769612)*V)))$	COPERT IV
	HC	$(0,243760787720553+(7,10826259551006/(1+exp(((1-1)*3,51236829384046)+(1,60927601441032*ln(V)))+(-0,00670056870941961*v))))$	COPERT IV
	NOX	$((23,9635210324861+(0,0247701168290533*v))+((-1,01040586360789-0,0247701168290533)*(1-exp(((1-1)*0,0586066803848415)*V))))/0,0586066803848415$	COPERT IV
	MP	$((0,257464183060985+(1,12883195812743*exp(((1-1)*0,0552875878927405)*V)))+(2,07272117719613*exp(((1-1)*0,231507360306843)*V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,085	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
Camiones Medianos Diesel Tipo 1 (EURO I)	CC	$(1/((-1,10842815512624E-06*(V^2)+(0,000150552030374214*v))+0,00101451259677115))$	COPERT IV
	CO	$((0,790317454194181+(3,61193159728498*exp(((1-1)*0,0568986834561566)*V)))+(5,46377659396398*exp(((1-1)*0,273781481461152)*V)))$	COPERT IV
	HC	$(3,61193159728498+(0,0568986834561566/(1+exp(((1-1)*5,46377659396398)+(0,273781481461152*ln(V)))+(0,790317454194181*v))))$	COPERT IV
	NOX	$((16,1498049828405+(0,00591776809542959*v))+((-0,825360976649647-0,00591776809542959)*(1-exp(((1-1)*0,0711531009304992)*V))))/0,0711531009304992$	COPERT IV
	MP	$((0,156206861399955+(0,750557266305765*exp(((1-1)*0,0595575965448602)*V)))+(0,784750538199954*exp(((1-1)*0,190122668531955)*V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,085	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$(1/((-0,0000012904797975722*(V^2)+(0,000168239652397563*v))+0,00142011865978317))$	COPERT IV
	CO	$(1/((-0,000199057522186124*(V^2)+(0,0301073374179793*v))+0,133525099498037))$	COPERT IV

Camiones Medianos Diesel Tipo 2 (EURO II)	HC	$(0,12496517747328+(1,62340617874031/(1+\exp(((1-1)^*3,17355884949529)+(1,41626576250196*\ln(V)))+(0,00676056156552116*v))))$	COPERT IV
	NOX	$((5,03805229909189+(12,0162763231528*\exp(((1-1)^*0,0718688293194455)*V)))+(1472,97429951381*\exp(((1-1)^*1,22281170978883)*V)))$	COPERT IV
	MP	$((0,295842247035719+(0,00221346977643438*V))+((-0,009872294267078-0,00221346977643438)*(1-\exp(((1-1)^*0,0718688293194455)*V))))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,054	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$(1/((-1,30079777653565E-06*(V^2))+(0,000168681125921504*V))+0,00166669123857194))$	COPERT IV
	CO	$((0,731687393919072+(3,6645785309034*\exp(((1-1)^*0,0563683393170761)*V)))+(5,23028829144801*\exp(((1-1)^*0,22940672493427)*V)))$	COPERT IV
Camiones Medianos Diesel Tipo 3 (EURO III)	HC	$(0,0837360334457316+(1,32104434472513/(1+\exp(((1-1)^*4,53135180004797)+(1,89348725872261*\ln(V)))+(-0,0103853145584935*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((3,75961273247849+(8,83991867276675*\exp(((1-1)^*0,0582095437791065)*V)))+(32,8119093290992*\exp(((1-1)^*0,324655578422129)*V)))$	COPERT IV
	MP	$(0,00753000339418102+(0,481778214802105/(1+\exp(((1-1)^*4,57741464608742)+(1,88064486426566*\ln(V)))+(-0,0224165794949045*V))))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,048	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$(1/((-1,25110663618204E-06*(V^2))+(0,000164240816414678*V))+0,00147486189135326))$	COPERT IV
	CO	$((1,64310174818499+(8,13411883364323*\exp(((1-1)^*0,0542110803060114)*V)))+(15,8643543525583*\exp(((1-1)^*0,275320506271409)*V)))$	COPERT IV
Camiones Pesados Diesel Convencional (Sin norma de emisión)	HC	$((0,246337810165474+(1,5316799416869*\exp(((1-1)^*0,0245230975201173)*V)))+(5,36991758512458*\exp(((1-1)^*0,124006848764087)*V)))$	COPERT IV
	NOX	$((9,89341403519485+(20,1184520190778*\exp(((1-1)^*0,0461690386329114)*V)))+(94,2835206151738*\exp(((1-1)^*0,537881650750213)*V)))$	COPERT IV
	MP	$((0,355389813811357+(1,43156187475234*\exp(((1-1)^*0,0490091286677857)*V)))+(2,5973197096804*\exp(((1-1)^*0,247362040708152)*V)))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV



1572

	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,175	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((230,898545662676 + (666,989178610959 * \exp((-1) * 0,0510509526598625) * V))) + (5141,67058484724 * \exp((-1) * 0,556974731846176) * V))$	COPERT IV
Camiones Pesados Diesel Tipo 1 (EURO I)	CO	$((1,3437024869028 + (5,73535271116126 * \exp((-1) * 0,0514788625003588) * V))) + (13,7292344776583 * \exp((-1) * 0,277004301618467) * V))$	COPERT IV
	HC	$((0,321334357738875 + (1,36913341907543 * \exp((-1) * 0,0300760766329259) * V))) + (4,16528444929436 * \exp((-1) * 0,130814820111219) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((6,93777830085879 + (14,7649430218224 * \exp((-1) * 0,0471396701763906) * V))) + (93,369277972383 * \exp((-1) * 0,550739160678484) * V))$	COPERT IV
	MP	$((0,246246967566125 + (1,19643219195567 * \exp((-1) * 0,0496623754799222) * V))) + (2,79763916888652 * \exp((-1) * 0,0496623754799222) * V))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
		CH4	0,175
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
Camiones Pesados Diesel Tipo 2 (EURO II)	CC	$((201,80527029554 + (523,535820661854 * \exp((-1) * 0,049423050788441) * V))) + (17421,4796042017 * \exp((-1) * 0,809907162438699) * V))$	COPERT IV
	CO	$(1 / (((-0,00010960585101578 * (V^2)) + (0,0174064839534468 * V)) + 0,0779217214718428))$	COPERT IV
	HC	$((0,162905538155383 + (0,828009789857126 * \exp((-1) * 0,0248119637491787) * V))) + (2,67001448123625 * \exp((-1) * 0,124882855805357) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((7,20536564798271 + (16,4001356804762 * \exp((-1) * 0,0478197060782861) * V))) + (55,7002667265637 * \exp((-1) * 0,444673457893458) * V))$	COPERT IV
	MP	$((0,522473149719108 + (0,00449065078092204 * V)) + (((-0,0162814067750473 - 0,00449065078092204) * (1 - \exp((-1) * 0,0249231148800991) * V))) / 0,0249231148800991))$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
		SO2	Nota 2
	CH4	0,112	COPERT IV
	N2O	0,03	COPERT III
	NH3	0,003	COPERT III
	CC	$((195,476155665251 + (464,243926657849 * \exp((-1) * 0,0471738612383144) * V))) + (22777,7239789702 * \exp((-1) * 0,88418501143649) * V))$	COPERT IV
Camiones Pesados Diesel Tipo 3 (EURO III)	CO	$(1,24588358438859 + (103,700537481749 / (1 + \exp((-1) * -1,3906312471446) + (0,543451750078654 * \ln(V))) + (0,0390066425998189 * V))))$	COPERT IV
	HC	$((0,135938586321894 + (0,71588074810547 * \exp((-1) * 0,0234666513590177) * V))) + (2,79878282504916 * \exp((-1) * 0,123459782380517) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((5,58300975720938 + (14,5724996214701 * \exp((-1) * 0,0510403515051286) * V))) + (45,651882800859 * \exp((-1) * 0,309240087785118) * V))$	COPERT IV

MP	$((0,100820480611018+(0,424449762706025*\exp(((1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*\exp(((1)*0,0416436785215947)*V)))$	COPERT IV
CO2	Nota 1	COPERT IV
SO2	Nota 2	COPERT IV
CH4	0,098	COPERT IV
N2O	0,03	COPERT III
NH3	0,003	COPERT III
CC	$((199,101296810716+(496,037924788222*\exp(((1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*\exp(((1)*0,573715458508514)*V)))$	COPERT IV

Tabla 25. Factores de Emisión para Vehículos livianos particulares y de alquiler

Categoría	Cont.	Factor de Emisión	Fuente
Vehículos Particulares No Catalíticos y Vehículos de Alquiler No Catalíticos (Sin norma de emisión)	CO	2,81*V -0,630	COPERT IV
	HC	30,34*V -0,693	COPERT IV
	NOX	1,173+0,0225*V-0,00014*V2	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,0000331*V2-0,00573*V+0,268	COPERT IV
	N2O	0,005	COPERT III
	NH3	0,002	COPERT III
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 1 y Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 1 (EURO I o superior)	CC	521V-0,554	COPERT IV
	CO	597*V -0,74	DIMEC
	HC	45,01*V -0,71	DIMEC
	NOX	3,691*V -0,32	DIMEC
	MP	0,00322	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	1,1176*10 ⁻⁵ *V2-0,00196*V+0,099652	COPERT III
	N2O	0,053	COPERT III
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 2 y Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 2 (EURO III)	NH3	0,07	COPERT III
	CC	$(199+0,346*V)/(1+0,0892*V-0,000538*V^2)$	COPERT IV
	CO	188,3*V -0,64	DIMEC
	HC	17,64*V -0,78	DIMEC
	NOX	4,07*V -0,41	DIMEC
	MP	0,00128	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,00000156*V2-0,00027402*V+0,01395128	COPERT III
Vehículos Particulares Diesel Tipo 1 y Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 1 (EURO I)	N2O	0,053	COPERT III
	NH3	0,07	COPERT III
	CC	$(217+0,253*V+0,00965*V^2)/(1+0,096*V-0,000421*V^2)$	COPERT IV
	CO	$(0,996+ -0,0188*V+0,000109*V^2)$	COPERT IV
	HC	$(0,142+ -0,00201*V+0,0000115*V^2)/(1+0,0138*V+ -0,000019*V^2)$	COPERT IV
	NOX	$(3,1+ -0,00618*V+0,000422*V^2)/(1+0,141*V+ -0,000503*V^2)$	COPERT IV
	MP	$(0,114+ -0,00233*V+0,0000226*V^2)$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
Vehículos Particulares Diesel Tipo 1 (EURO I)	CH4	0,0000019*V2-0,0001775*V+0,0079936	COPERT III
	N2O	0,027	COPERT III
	NH3	0,001	COPERT III
	CC	$(145-0,188*V+0,00947*V^2)/(1+0,0673*V-0,000317*V^2)$	COPERT IV
	CO	$(0,169+ -0,00292*V+0,0000125*V^2)/(1+1,1/V)$	COPERT IV

Vehículos Particulares Diesel Tipo 2	HC	$(0,0965 + -0,000238 * V + 0,00000193 * V^2) / (1 + 0,103 * V + -0,0000724 * V^2)$	COPERT IV
	NOX	$(2,82 + 0,0669 * V + -0,000463 * V^2) / (1 + 0,198 * V + -0,00143 * V^2)$	COPERT IV
	MP	$(0,0515 + -0,00088 * V + 0,00000812 * V^2)$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
y Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 2 (EURO II)	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	$0,000001615 * V^2 - 0,00015088 * V + 0,00679456$	COPERT III
	N2O	0,027	COPERT III
	NH3	0,001	COPERT III
	CC	$(162 + 2,18 * V - 0,0128 * V^2) / (1 + 0,123 * V - 0,000776 * V^2)$	COPERT IV

Tabla 26. Factores de Emisión para Vehículos livianos Comerciales

Categoría	Contaminante	Factor de Emisión	Fuente
Vehículos Comerciales No Catalíticos (Sin norma de emisión)	CO	$0,01104 * V^2 - 1,5132 * V + 57,789$	COPERT IV
	HC	$0,000677 * V^2 - 0,117 * V + 5,4734$	COPERT IV
	NOX	$0,0179 * V + 1,9547$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,15	COPERT III
	N2O	0,006	COPERT III
	NH3	0,002	COPERT III
	CC	$0,0167 * V^2 - 2,649 * V + 161,51$	COPERT IV
Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 1 (EURO I)	CO	$0,0037 * V^2 - 0,5215 * V + 19,127$	COPERT IV
	HC	$0,0000577 * V^2 - 0,01047 * V + 0,5462$	COPERT IV
	NOX	$0,0000755 * V^2 - 0,009 * V + 0,666$	COPERT IV
	MP	0,00322	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	$1,2969 * 10^{-5} * V^2 - 0,0021098 * V + 0,101995$	COPERT III
	N2O	0,053	COPERT III
	NH3	0,07	COPERT III
	CC	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$	COPERT IV
Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 2 (EURO III)	CO	$0,52 * (0,0037 * V^2 - 0,5215 * V + 19,127)$	COPERT IV
	HC	$0,14 * (0,0000577 * V^2 - 0,01047 * V + 0,5462)$	COPERT IV
	NOX	$0,21 * (0,0000755 * V^2 - 0,009 * V + 0,666)$	COPERT IV
	MP	0,00128	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	$1,2969 * 10^{-5} * V^2 - 0,0021098 * V + 0,101995$	COPERT III
	N2O	0,053	COPERT III
	NH3	0,07	COPERT III
	CC	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$	COPERT IV
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 (EURO I)	CO	$0,000223 * V^2 - 0,026 * V + 1,076$	COPERT IV
	HC	$0,0000175 * V^2 - 0,00284 * V + 0,2162$	COPERT IV
	NOX	$0,000241 * V^2 - 0,03181 * V + 0,2047$	COPERT IV
	MP	$0,000045 * V^2 - 0,004885 * V + 0,1932$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,005	COPERT III

Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2 (EURO III)	N2O	0,017	COPERT III
	NH3	0,001	COPERT III
	CC	$0,0198 \cdot V^2 - 2,506 \cdot V + 137,42$	COPERT IV
	CO	$0,82 \cdot (0,000223 \cdot V^2 - 0,026 \cdot V + 1,076)$	COPERT IV
	HC	$0,62 \cdot (0,000175 \cdot V^2 - 0,00284 \cdot V + 0,2162)$	COPERT IV
	NOX	$0,84 \cdot (0,000241 \cdot V^2 - 0,03181 \cdot V + 2,0247)$	COPERT IV
	MP	$0,67 \cdot (0,000045 \cdot V^2 - 0,004885 \cdot V + 0,1932)$	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,005	COPERT III
	N2O	0,017	COPERT III
	NH3	0,001	COPERT III
	CC	$0,0198 \cdot V^2 - 2,506 \cdot V + 137,42$	COPERT IV

Tabla 27. Factores de Emisión para Motocicletas

Categoría	Cont.	Factor de Emisión	Fuente
Motocicletas 2 Tiempos Convencional	CO	$(-0,001) \cdot V^2 + 0,172 \cdot V + 18,1$ (V < 60 km/h) y $0,0001 \cdot V^2 - 0,05 \cdot V + 21,5$	COPERT IV
	HC	$0,0035 \cdot V^2 - 0,409 \cdot V + 20,1$ (V < 60 km/h) y $0,0003 \cdot V^2 - 0,0524 \cdot V + 10,6$	COPERT IV
	NOX	$0,00003 \cdot V^2 - 0,002 \cdot V + 0,064$ (V < 60 km/h) y $-0,00002 \cdot V^2 - 0,0049 \cdot V - 0,157$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,150	COPERT IV
	N2O	0,002	COPERT III
	NH3	0,002	COPERT III
	CC	$0,006300 \cdot V^2 - 0,6028 \cdot V + 44,40$ (V < 60 km/h) y $-0,0005 \cdot V^2 + 0,2375 \cdot V + 18,2$	COPERT IV
Motocicletas 2 Tiempos Tipo 1	CO	$(-0,0063) \cdot V^2 + 0,715 \cdot V - 6,9$ (V < 60 km/h) y $0,0007 \cdot V^2 + 0,157 \cdot V + 6,0$	COPERT IV
	HC	$(-0,00100) \cdot V^2 + 0,0970 \cdot V + 3,90$ (V < 60 km/h) y $-0,0003 \cdot V^2 + 0,0325 \cdot V + 5,2$	COPERT IV
	NOX	$0,00002 \cdot V^2 - 0,0010 \cdot V + 0,032$ (V < 60 km/h) y $-0,00002 \cdot V^2 + 0,0041 \cdot V - 0,152$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,099	COPERT IV
	N2O	0,002	COPERT III
	NH3	0,002	COPERT III
	CC	$(-0,0011) \cdot V^2 + 0,2008 \cdot V + 17,8$ (V < 60 km/h) y $-0,001 \cdot V^2 + 0,2425 \cdot V + 14,6$	COPERT IV
Motocicletas 4 Tiempos Convencional	CO	$0,0139 \cdot V^2 - 1,42 \cdot V + 55,0$ (V < 60 km/h) y $0,0009 \cdot V^2 - 0,0099 \cdot V + 17,8$	COPERT IV
	HC	$0,0015 \cdot V^2 - 0,164 \cdot V + 5,51$ (V < 60 km/h) y $0,00001 \cdot V^2 + 0,0005 \cdot V + 0,86$	COPERT IV
	NOX	$0,00005 \cdot V^2 - 0,0009 \cdot V + 0,092$ (V < 60 km/h) y $0,00002 \cdot V^2 + 0,0007 \cdot V + 0,104$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CO2	Nota 1	COPERT IV
	SO2	Nota 2	COPERT IV
	CH4	0,200	COPERT IV
	N2O	0,002	COPERT III

NH3	0,002	COPERT III
CC	0,02730*V2-2,8490*V+98,90 (V<60 km/h) y 0,00210*V2 -0,1550*V + 29,20	COPERT IV

Nota 1, nota 2: Nota1 y Nota2: Las emisiones de CO2 y SO2 están directamente relacionadas con los consumos de combustible, asumiéndose para el cálculo de CO2, que todo el carbono contenido en el combustible es oxidado.

Es por esto que el CO2 de estima a partir de la siguiente ecuación:

$$ECO_2 = 44,011 \times \left(\frac{CC}{12,011} + 1,008 \times rH:C \right) - \left(\frac{ECO}{28,011} \right) - \left(\frac{EHCT}{12,85} \right) - \left(\frac{EMP}{12,011} \right)$$

Donde:

- CC : Consumo de Combustible
- ECO : Emisiones de CO
- EHCT : Emisiones de HCT
- EMP : Emisiones de material particulado
- r H:C : Relación entre el hidrógeno y carbono existente en el combustible. 1,8 para gasolina y 2,0 para diesel

Las emisiones de SO2 de estima a partir de la siguiente ecuación:

$$ESO_2 = 2 \times CC \times Scomb$$

Donde:

- CC : Consumo de Combustible
- Scomb : contenido de azufre en el combustible (en peso m/m)

8721

Categoría	Subcategoría	Potencia (kW)		Tecnología	Factor de Emisión (g/kWh)
		10-100	100-1000		
Motores Diesel	Motores Diesel	10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
	Motores Diesel	10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
		10-100	100-1000	1000	210
Motores Gasolina	Motores Gasolina	10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
	Motores Gasolina	10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240
		10-100	100-1000	1000	240

3.2 ANEXO 2. FACTORES DE EMISIÓN SEGÚN POTENCIA Y TENNOLOGÍA PARA FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA



Table A4. Zero-Hour, Steady-State Emission Factors for Nonroad CI Engines^a

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
>0 to 11	Base	0.408 ^b	1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 0		1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 1		0.7628	4.1127	5.2298	0.4474
	Tier 2		0.5508	4.1127	4.3	0.50
	Tier 4A		0.5508	4.1127	4.3	0.28
	Tier 4B		0.5508	4.1127	4.3	0.28
>11 to 16	Base	0.408	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>16 to 25	Base	0.408	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>25 to 50	Base	0.408	1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 0		1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 1		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 2		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 4A		0.2789	1.5323	4.7279	0.20
	Tier 4		0.1314	0.153	3.0000	0.0184
>50 to 75	Base	0.408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.99	3.49	6.9	0.722
	Tier 1		0.5213	2.3655	5.5988	0.4730
	Tier 2		0.3672	2.3655	4.7	0.24
	Tier 4A		0.1836	2.3655	3.0	0.20
	Tier 4		0.1314	0.237	3.00	0.0184

Table A4. Zero-Hour, Steady-State Emission Factors for Nonroad CI Engines (cont.)^a

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
>75 to 100	Base	0.408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.99	3.49	6.9	0.722
	Tier 1		0.5213	2.3655	5.5988	0.4730
	Tier 2		0.3672	2.3655	4.7	0.24
	Tier 3B		0.1836	2.3655	3.0	0.20
	Tier 4		0.1314	0.237	3.00	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.237	0.276	0.0092
>100 to 175	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.3384	0.8667	5.6523	0.2799
	Tier 2		0.3384	0.8667	4.1	0.18
	Tier 3		0.1836	0.8667	2.5	0.22
	Tier 4		0.1314	0.087	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.087	0.2760.402	0.0092
>175 to 300	Base	0.367	Vary by application, see NE0.2799VES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.3085	0.7475	5.5772	0.2521
	Tier 2		0.3085	0.7475	4.0	0.1316
	Tier 3		0.1836	0.7475	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.075	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.075	0.276	0.0092
>300 to 600	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2025	1.3060	6.0153	0.2008
	Tier 2		0.1669	0.8425	4.3351	0.1316
	Tier 3		0.1669	0.8425	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.084	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.084	0.276	0.0092
>600 to 750	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.1473	1.3272	5.8215	0.2201

Table A4. Zero-Hour, Steady-State Emission Factors for Nonroad CI Engines (cont.)^a

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
	Tier 2		0.1669	1.3272	4.1	0.1316
	Tier 3		0.1669	1.3272	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.133	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.133	0.276	0.0092
>750 except generator sets	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.7642	2.392	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	2.392	0.0276
Gen sets >750 to 1200	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.7642	2.392	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	0.460	0.0184
Gen sets >1200	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.7642	0.460	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	0.460	0.0184

^aPrior to listing in NONROAD input files, these ISO-C1 emission factors are adjusted for in-use operation as explained in Appendix F. The emission factors in the input files are rounded to two decimal places. The emission factors for recreational marine CI engines are provided in Table 10. Underground mining equipment inputs are just the Base (NEVES) and Tier 2 values from this table.

^bBSFC for engines <50 hp is assumed to be the same as 50-100 hp engines

Table A5. Transient Adjustment Factors by Equipment Type for Nonroad CI Equipment ^a

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF Assignment	HC		NO _x		PM		BSFC
				Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	
2270001000	Recreational Vehicles All	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270001020	Recreational Vehicles Snowmobiles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001030	Recreational Vehicles All Terrain Vehicles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001040	Recreational Vehicles Minibikes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001050	Recreational Vehicles Golf Carts	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001060	Recreational Vehicles Speciality Vehicle Carts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002003	Construction Equipment Pavers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002006	Construction Equipment Tampers/Rammers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002009	Construction Equipment Plate Compactors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002015	Construction Equipment Rollers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002018	Construction Equipment Scrapers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002021	Construction Equipment Paving Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002024	Construction Equipment Surfacing Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002027	Construction Equipment Signal Boards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002030	Construction Equipment Trenchers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002033	Construction Equipment Bore/Drill Rigs	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002036	Construction Equipment Excavators	Excavator	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002039	Construction Equipment Concrete/Industrial Saws	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002042	Construction Equipment Cement & Mortar Mixers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002045	Construction Equipment Cranes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002048	Construction Equipment Graders	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002051	Construction Equipment Off-highway Trucks	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002054	Construction Equipment Crushing/Proc. Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002057	Construction Equipment Rough Terrain Forklifts	RTLloader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002060	Construction Equipment Rubber Tire Loaders	RTLloader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002063	Construction Equipment Rubber Tire Dozers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002066	Construction Equipment Tractors/Loaders/Backhoes	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002069	Construction Equipment Crawler Dozer	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002072	Construction Equipment Skid Steer Loaders	SSLoader	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002075	Construction Equipment Off-Highway Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002078	Construction Equipment Dumpers/Tenders	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002081	Construction Equipment Other Construction	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01

Table A5. Transient Adjustment Factors by Equipment Type for Nonroad CI Equipment ^a

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF Assignment	HC		NO _x		PM		BSFC
				Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	
	Equipment									
2270003010	Industrial Equipment Aerial Lifts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003020	Industrial Equipment Forklifts	RTLloader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270003030	Industrial Equipment Sweepers/Scrubbers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003040	Industrial Equipment Other General Industrial Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003050	Industrial Equipment Other Material Handling Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003060	Industrial Equipment AC/Refrigeration	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003070	Terminal Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270004000	Lawn & Garden Equipment ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004010	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers (Residential)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004011	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004015	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004016	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004020	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004021	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004025	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004026	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004030	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004031	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004035	Lawn & Garden Equipment Snowblowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004036	Lawn & Garden Equipment Snowblowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004040	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004041	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004045	Lawn & Garden Equipment Front Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Table A5. Transient Adjustment Factors by Equipment Type for Nonroad CI Equipment ^a

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF Assignment	HC		NO _x		PM		BSFC
				Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	
2270004046	Lawn & Garden Equipment Front Mowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004050	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004051	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004055	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004056	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004060	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004061	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004065	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004066	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004071	Lawn & Garden Equipment Commercial Turf Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004075	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004076	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005010	Farm Equipment 2-Wheel Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005015	Farm Equipment Agricultural Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005020	Farm Equipment Combines	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005025	Farm Equipment Balers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005030	Farm Equipment Agricultural Mowers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005035	Farm Equipment Sprayers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005040	Farm Equipment Tillers > 6 HP	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005045	Farm Equipment Swathers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005050	Farm Equipment Hydro Power Units	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005055	Farm Equipment Other Agricultural Equipment	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005060	Farm Equipment Irrigation Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006000	Light Commercial ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006005	Light Commercial Generator Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Table A5. Transient Adjustment Factors by Equipment Type for Nonroad CI Equipment ^a

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF Assignment	HC		NO _x		PM		BSFC
				Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	
2270006010	Light Commercial Pumps	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006015	Light Commercial Air Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006020	Light Commercial Gas Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006025	Light Commercial Welders	ArcWelder	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270006030	Light Commercial Pressure Washers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270007005	Logging Equipment Chain Saws > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007010	Logging Equipment Shredders > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007015	Logging Equipment Forest Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270008005	Airport Service Equipment Airport Support Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270009010	Other Underground Mining Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270010010	Other Oil Field Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020005	Recreational Pleasure Craft, Inboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020010	Recreational Pleasure Craft, Outboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020015	Recreational Pleasure Craft, Personal Water Craft	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020025	Recreational Pleasure Craft, Sailboat Aux. Outboard	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2285002015	Railway Maintenance	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18

are not applied to the emission factors for Tier 4 engines (i.e., the model applies a TAF of 1.0). "Base-T3" in this table refers to Tier 3 and prior engines.

383

3.4 ANEXO 4. FACTORES DE DETERIORO

Table A6. Deterioration Factors for Nonroad Diesel Engines

Pollutant	Relative Deterioration Factor (A) (% increase/%useful life)			
	Base/Tier 0	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0.047	0.036	0.034	0.027
CO	0.185	0.101	0.101	0.151
NO _x	0.024	0.024	0.009	0.008
PM	0.473	0.473	0.473	0.473

DF = 1 + A * (fraction of useful life expended)^B
B = 1 for diesel nonroad engines

CAPITULO IV

Fuentes de Área:

Otras



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS.....	8
1 ANTECEDENTES GENERALES DE FUENTES DE ÁREA.....	8
2 ENFOQUES METODOLÓGICOS POR TIPO DE FUENTE.....	10
2.1 FUENTES DE COMBUSTIÓN EXTERNA.....	10
2.1.1 GAS LICUADO (GLP) Y KEROSENE.....	10
2.1.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	10
2.1.1.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	11
2.1.1.3 Estimación de emisiones	12
2.2 FUENTES EVAPORATIVAS RESIDENCIALES.....	13
2.2.1 SOLVENTES DE USO DOMÉSTICO	13
2.2.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	14
2.2.1.2 Factores de Emisión y nivel de actividad	15
2.2.1.3 Estimación de Emisiones	15
2.2.2 PINTURA ARQUITECTÓNICA	16
2.2.2.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	16
2.2.2.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	17
2.2.2.3 Estimación de Emisiones	18
2.2.3 USO DE ADHESIVOS.....	18
2.2.3.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	18
2.2.3.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	18
2.2.3.3 Estimación de Emisiones	19
2.2.4 EMISIONES RESIDENCIALES DE NH ₃	19
2.2.4.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	19
2.2.4.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	20
2.2.4.3 Estimación de Emisiones	20
2.2.5 FUGAS RESIDENCIALES DE GLP.....	21
2.2.5.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada	22
2.2.5.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	22
2.2.5.3 Estimación de Emisiones	23

2.3	FUENTES EVAPORATIVAS COMERCIALES.....	23
2.3.1	DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE	23
2.3.1.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	23
2.3.1.2	Cálculo de emisiones.....	26
2.3.2	LAVASECOS	27
2.3.2.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	27
2.3.2.2	Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	28
2.3.2.3	Estimación de emisiones	28
2.3.3	PINTURA INDUSTRIAL (VEHÍCULOS)	28
2.3.3.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	29
2.3.3.2	Factores de Emisión	30
2.3.3.3	Cálculo de Emisiones	30
2.3.4	APLICACIÓN DE ASFALTO.....	30
2.3.4.1	Estado del arte y metodología aplicada	31
2.3.4.2	Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	31
2.3.4.3	Estimación de emisiones	31
2.3.5	FUGAS COMERCIALES DE GLP.....	32
2.3.5.1	Estado del arte y metodología aplicada	32
2.3.5.2	Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	32
2.3.5.3	Estimación de emisiones	33
2.4	RESTAURANTES Y COMIDA RÁPIDA.....	33
2.4.1	RESTAURANTES Y ASADURÍAS	33
2.4.1.1	Estado del arte y metodología a aplicar	33
2.4.1.2	Factores de emisión y nivel de actividad	34
2.4.1.3	Estimación de emisiones	35
2.5	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	35
2.5.1	EMISIONES DESDE VERTEDEROS.....	35
2.5.1.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	35
2.5.1.2	Factores de Emisión y Nivel de Actividad.....	36
2.5.1.3	Estimación de emisiones	36
2.5.2	AGUAS SERVIDAS (PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS).....	37
2.5.2.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	37

2.5.2.2	Factores de Emisión y nivel de actividad	38
2.5.2.3	Cálculo de Emisiones	39
2.6	QUEMAS	39
2.6.1	QUEMAS AGRÍCOLAS	39
2.6.1.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	39
2.6.1.2	Factores de emisión y nivel de actividad	40
2.6.1.3	Estimación de Emisiones	41
2.6.2	INCENDIOS FORESTALES	41
2.6.2.1	Estado del arte y metodología aplicada	42
2.6.2.2	Metodologías nacionales aplicadas	45
2.6.2.3	Factores de emisión y niveles de actividad	46
2.6.2.4	Estimación de Emisiones	46
2.6.3	CONSUMOS DE CIGARRILLOS	47
2.6.3.1	Estado del arte y metodología aplicada	47
2.6.3.2	Factores de Emisión y nivel de actividad	47
2.6.3.3	Estimación de Emisiones	48
2.6.4	INCENDIOS URBANOS	48
2.6.4.1	Estado del Arte y metodología aplicada	48
2.6.4.2	Factores de emisión y Nivel de Actividad	49
2.6.4.3	Estimación de Emisiones	49
2.7	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	50
2.7.1	APLICACIÓN DE FERTILIZANTES	50
2.7.1.1	Enfoque metodológico para inventario de Valdivia, año base 2013	50
2.7.1.2	Factores de emisión y Nivel de Actividad	50
2.7.1.3	Estimación de Emisiones	51
2.7.2	LABRANZA AGRÍCOLA	52
2.7.2.1	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	52
2.7.2.2	Factores de Emisión y nivel de actividad	53
2.7.2.3	Estimación de emisiones	53
2.7.3	CRIANZA ANIMAL	54
2.7.4	Revisión del estado del arte y metodología aplicada	54
2.7.4.1	Factores de Emisión y niveles de actividad	54

2.7.4.2	Cálculo de emisiones.....	57
2.8	CONSTRUCCIONES Y DEMOLICIONES.....	57
2.8.1	Revisión del estado de arte y metodología aplicada.....	57
2.8.2	Factores de emisión y niveles de actividad.....	58
2.8.3	Estimación de emisiones.....	59
2.9	POLVO RESUSPENDIDO.....	59
3	RESUMEN FUNTES DE ÁREA: OTRAS.....	60
4	CONCLUSIONES.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de Emisiones para Solventes de Uso Doméstico.....	16
Figura 2.	Distribución emisiones para fuentes residenciales de NH ₃	21
Figura 3.	Ejemplo gráfico procedimiento para el cálculo de emisiones del sistema CARB, 2004.	44
Figura 4.	Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área.....	61
Figura 5.	Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área al MP10.....	61
Figura 6.	Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área al MP2,5.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de las fuentes consideradas como "Otras Fuentes de área".....	9
Tabla 2.	Factores de emisión para GLP y Kerosene.....	11
Tabla 3.	Consumo de Kerosene en Valdivia.....	12
Tabla 4.	Estimación de emisiones para consumo de GLP comuna de Valdivia.	12
Tabla 5.	Estimación de emisiones de Kerosene para Valdivia.....	12
Tabla 6.	Tabla de valores para k.....	13
Tabla 7.	Factores de emisión Solventes de Uso Doméstico.....	15
Tabla 8.	Habitantes comuna área de estudio.....	15
Tabla 9.	Emisiones por Solventes de Uso Doméstico.....	15
Tabla 10.	Factores de emisión Pintura Arquitectónica.....	17
Tabla 11.	Emisiones por aplicación Pintura Arquitectónica.....	18
Tabla 12.	Factores de emisión Uso de Adhesivos.....	19
Tabla 13.	Estimación de emisiones provenientes de Uso de Adhesivos.....	19
Tabla 14.	Factores de emisión NH ₃	20
Tabla 15.	Población por rango etéreo.....	21
Tabla 16.	Emisiones para fuentes residenciales de NH ₃	21
Tabla 17.	Factores de emisión Fugas de GLP.....	22
Tabla 18.	Ventas Totales de GLP por Mes Región de Los Ríos, año 2013.....	22
Tabla 19.	Emisiones por fugas de GLP.....	23
Tabla 20.	Factor de saturación (S) dependiente del modo de llenado de los estanques de camiones.	24

Tabla 21. Variables para estimar emisiones de COVs por llenado en transporte de combustible.	25
Tabla 22. Factor de emisión para COV por transporte de combustible	25
Tabla 23. Factores de emisión de COV para el expendio final.....	25
Tabla 24. Consumo de combustible en m ³ (gasolina 93, 95 y 98 octanos).....	26
Tabla 25. Cálculo emisiones por distribución de combustibles comuna de Valdivia	27
Tabla 26. Factor de Emisión por pérdidas por solvente para lavasecos.	28
Tabla 27. Lavasecos existentes en la Comuna de Valdivia.....	28
Tabla 28. Estimación de emisiones provenientes de Lavasecos	28
Tabla 29. Factor de Emisión para Pintado Industrial de Vehículos	30
Tabla 30. Emisión por pintado Industrial de Vehículos.....	30
Tabla 31. Factor de emisión por aplicación de asfalto.....	31
Tabla 32. Estimación de emisiones Aplicación de Asfalto 2013	32
Tabla 33. Factor de Emisión por Fugas Comerciales de GLP	32
Tabla 34. Ventas Totales de GLP por Mes Región de Los Ríos (Ton), año 2013	33
Tabla 35. Estimación de emisiones Aplicación de Asfalto 2013	33
Tabla 36. Restaurantes y Asadurías de pollos catastratadas en la Comuna de Valdivia	34
Tabla 37. Factores de emisión para restoranes (parrillas)	34
Tabla 38. Cálculo de emisiones Restoranes (parrillas) 2013	35
Tabla 39. Tabla de valores para k.	36
Tabla 40. Factores de Emisión para operaciones en Vertedero	36
Tabla 41. Emisiones de gases obtenidas mediante Landgem.....	37
Tabla 42. Emisiones por disposición de residuos	37
Tabla 43. Factores de emisión para PTAS.....	38
Tabla 44. Emisión Evaporativas desde Plantas de Tratamiento	39
Tabla 45. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton).....	40
Tabla 46. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton).....	41
Tabla 47. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton).....	41
Tabla 48. Factores de emisión para 2 tipos de vegetación afectada por incendios.	43
Tabla 49. Factores de emisión (kg/Ton), según tipo y humedad de la vegetación quemada.	43
Tabla 50. Metodología y alternativa de cálculo utilizada en inventarios previos.	45
Tabla 51. Factores de emisión utilizados.....	46
Tabla 52. Nivel de actividad para incendios forestales comuna de Valdivia, año 2013.	46
Tabla 53. Emisiones generadas por incendios forestales comuna de Valdivia.....	47
Tabla 54. Factores de emisión para cigarrillos	47
Tabla 55. Emisiones cigarrillos comuna de Valdivia.....	48
Tabla 56. Factores de emisión para incendios de Viviendas.....	49
Tabla 57. Factores de emisión para incendios de Viviendas.....	49
Tabla 58. Factores de emisión para aplicación de fertilizantes	50
Tabla 59. Dosis de fertilizante por tipo y rendimiento de cultivo comuna de Valdivia	51
Tabla 60. Demanda de fertilizante en la comuna de Valdivia	51
Tabla 61. Emisiones provenientes de aplicación de fertilizantes por tipo de Cultivo (Ton/Año).....	51
Tabla 62. Emisiones provenientes de aplicación de fertilizantes (Ton/Año)	51

Tabla 63. Factores emisión asociados a labranza agrícola	53
Tabla 64. Factores emisión asociados a labranza agrícola	53
Tabla 65. Superficie regional por tipo de cultivo	53
Tabla 66. Método de obtención del Factor de Emisión	54
Tabla 67. Factores para el cálculo del Factor de Emisión para distintos tipos de animales	56
Tabla 68. Factores de emisión por categoría animal	56
Tabla 69. Niveles de actividad crianza animal	56
Tabla 70. Cálculo de emisiones NH ₃ crianza de animales comuna de Valdivia	57
Tabla 71. Factores emisión asociados a construcción de edificaciones	58
Tabla 72. Nivel de actividad asociado a la construcción	58
Tabla 73. Tiempo estimado duración de obras	58
Tabla 74. Tiempo estimado duración de obras	59
Tabla 75. Emisiones provenientes del polvo Resuspendido (Ton/año)	59
Tabla 76. Estimación de emisiones de fuentes de área	60

Factor de emisión	E
Niveles Actividad	NA
Método de Emisión	ME
Material particulado de diámetro < 10 µm	MP10
Material particulado de diámetro < 2,5 µm	MP2,5
Black Carbon	BC
Orgánico Carbono	OC
Partículas totales suspendidas (por sus siglas en inglés)	TSP
Compuestos Orgánicos Volátiles	COV
Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos	COVM
Monóxido de Carbono	CO
Dióxido de Carbono	CO ₂
Óxidos de Nitrógeno	NOx
Amoníaco	NH ₃
Óxido nítrico	NO
Total Orgánico Gases	TOG
Hidrocarburos totales no Metálicos (por sus siglas en inglés)	THMHC
Gases Orgánicos Reactivos (por sus siglas en inglés)	ROG
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	HAP
Metano	CH ₄
Óxido de Azufre	SO ₂
Óxido Tricloroéxico	CTC
Plantas de tratamiento de aguas servidas	PTAS
Gas de escape de motores	GE
Gas Natural	GN

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

EPA	Environmental Protection Agency
CARB	California Air Resources Board
NPI	National Pollutant Inventory
EEA	Environmental European Agency
NEI	National Emission Inventory
TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
EIIP	Emission Inventory Improvement Program
CEMS	Continuos Emission Monitoring System
PEMS	Predictive Emission Monitoring System
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
D.S.	Decreto Supremo
PDA	Plan de Descontaminación Atmosférica
F.E.	Factor de Emisión
N.A.	Nivel de Actividad
MP	Material Particulado
MP10	Material particulado de diámetro $\leq 10 \mu\text{m}$
MP 2.5	Material particulado de diámetro $\leq 2.5 \mu\text{m}$
BC	Black Carbon
OC	Organic Carbon
TSP	Partículas totales suspendidas (por sus siglas en inglés)
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
NH ₃	Amoniaco
N ₂ O	Óxido nitroso
TOG	Total Organic Gases
TNMHC	Hidrocarburos totales no Metánicos (por sus siglas en inglés)
ROG	Gases Orgánicos Reactivos (por sus siglas en inglés)
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
CH ₄	Metano
SO _x	Óxidos de Azufre
O ₃	Ozono Troposférico
PTAS	Planta de tratamiento de aguas servidas
GLP	Gas licuado de petróleo
GN	Gas Natural

1 ANTECEDENTES GENERALES DE FUENTES DE ÁREA

Además de las fuentes de emisión tradicionales, a las cuales se les atribuye responsabilidad por las mayores emisiones en la comuna de Valdivia, y otras ciudades del sur de Chile, como son la combustión residencial de leña, fuentes industriales y fuentes móviles, existen otras fuentes emisoras, que están presentes en muchas actividades cotidianas, tales como las que se presentan a continuación, categorizadas como "Otras fuentes de área":

Tabla 1. Clasificación de las fuentes consideradas como "Otras Fuentes de área"

F. de Área	Categoría	Subcategoría	SICAM (2013)
Fuentes residenciales	Combustión Externa	Gas licuado (GLP)	X
		Gas ciudad (GC)	N.A.*
		Gas natural (GN)	N.A.*
		Kerosene	X
	Evaporativas Residenciales	Solventes uso doméstico	X
		Pintura arquitectónica	X
		Uso de adhesivos	X
		Emis. Resid. de NH ₃	X
		Fugas resid. de GLP	X
Fuentes comerciales	Evaporativas Comerciales	Distrib. de combustibles	X
		Lavasecos	X
		Pintura industrial (vehículo)	-
		Aplicación de asfalto	X
		Fugas comerciales de GLP	X
	Restoranes y comida rápida	Restoranes	X
	Asadurías	X	
Grupo Otras	Disposición de residuos	Emis. desde vertederos	X
		Aguas servidas (PTAS)	X
	Quemas	Quemas agrícolas	X
		Quema de neumáticos	-
		Incendios forestales	X
		Incendio de vehículos	-
		Consumo de cigarrillos	X
		Incendios urbanos	X
		Quema abierta de basura	-
	Em. Biogénicas	Emisiones biogénicas	X
		Aplicación de fertilizantes	X
	Act. Agrícolas	Aplicación de pesticidas	-
		Labranza agrícola	X
Crianza animal		X	
Emisiones fugitivas	Construcción y demoliciones.	Producción de áridos	-
		Construcción de caminos	-

		Construcción de edificios	X
	Polvo	Caminos pavimentados	X
	resuspendido	Caminos no pavimentados	X

Fuente: Elaboración propia

*N.A.: No aplica

- Fuentes sin información disponible respecto a nivel de actividad.

2 ENFOQUES METODOLÓGICOS POR TIPO DE FUENTE

Respecto al análisis metodológico y selección de factores de emisión representativos concernientes a este tipo de fuentes, el presente informe de avance considera una estructura diferenciada según el tipo de fuente y la disponibilidad de material de consulta. Así, las subcategorías correspondientes a “quemadas agrícolas e incendios forestales” contarán con mayor desarrollo que las subcategorías “consumo de cigarrillos, o quemadas de vehículos”, por ejemplo.

La secuencia de presentación es la misma mostrada en la tabla anterior.

2.1 FUENTES DE COMBUSTIÓN EXTERNA

La combustión externa es una de las fuentes residenciales, que tiene relación con las emisiones atmosféricas que se producen al quemar algún tipo de combustible en las residencias particulares ya sea para calefacción, calentar agua o cocción de alimentos.

Si revisamos los antecedentes disponibles para la comuna de Valdivia, observamos que los combustibles disponibles para estos efectos son el Gas Licuado Petróleo (GLP), el Kerosene (parafina) y la leña.

No existe en la comuna de Valdivia disponibilidad de Gas Natural, así como tampoco Gas de Ciudad. De esta manera, los combustibles que se estudiarán en esta sección son: gas licuado y kerosene, por cuanto la Leña ya fue analizada en un capítulo exclusivo al inicio del presente informe.

2.1.1 GAS LICUADO (GLP) Y KEROSENE

2.1.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

En términos generales, el enfoque internacional se aboca a identificar el tipo de combustible, o las variantes del combustible puesto en el mercado, que se diferencian levemente de acuerdo a la composición final de propano y butano que este posee, que le atribuye pequeñas diferencias en cuanto al poder calorífico.

En cualquier caso, la tendencia internacional es determinar las emisiones de contaminantes criterio de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 1

Dónde:

E : Emisiones del contaminante en estudio [ton/año]

FE : Factor de emisión del contaminante en estudio [Ton/kg combustible]

Na : Nivel de actividad, definido en este caso por el consumo anual de combustible [kg/año]

La literatura disponible señala que el enfoque seguido en Chile, ha sido adoptado completamente del desarrollado por la EPA, tomando los mismos resguardos para garantizar la confiabilidad de los resultados. Las emisiones dependen del tipo de combustión, la composición del combustible y del tipo de equipo donde se produce la combustión. Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo de combustible por un factor de emisión, presentados más adelante del presente documento, de acuerdo a la expresión general presentada en la ecuación 1.

La metodología a aplicar específicamente en el Inventario de la Comuna de Valdivia corresponde a la misma descrita para el caso internacional, en cuanto al uso de la ecuación de cálculo de emisiones. Respecto a los niveles de actividad, estos son facilitados por la SEC, quien cuenta con información centralizada del consumo de GLP y Kerosene en la comuna de Valdivia, y de todas las grandes ciudades del país.

2.1.1.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Tabla 2. Factores de emisión para GLP y Kerosene

Combustible	TOC	CO	NOx	SOx ³	MP10	MP2,5	Unidad
GLP ²	87,5	221,7	1.090,4	1,7	33,6	33,6	Kg/1000 m ³
Kerosene ²	83,89	575,23	2.085,24	4.925,48	129,43	99,47	Kg/1000 m ³

1: Fuentes: AP42, EPA.

2: Fuente: CARB.

3: Corresponde a SO₂

En la estimación de emisiones para el GLP se emplean los niveles de actividad informados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), que reporta el consumo regional de los combustibles empleados en el país. Para esto se emplean estimaciones realizadas a través de la encuesta CASEN 2006 sobre el consumo de GLP.

De acuerdo a lo informado por la SEC para el año 2013, se consumen 10.734 ton/año de GLP en la Región de los Ríos. Luego, tenemos el valor de la participación porcentual para la comuna de Valdivia que correspondiente al 44,6%, el cual se multiplica por el consumo Regional para

obtener el consumo de la Comuna de Valdivia, de GLP (sin considerar el 3,5% de pérdida por envasado) alcanzándose 7.189 ton/año.

Respecto al Kerosene, el nivel de consumo doméstico es reportado por ENAP, a través de sus ventas totales y de las compañías distribuidoras, que corresponde a 1.422 m³ para el año 2013 para la Región de Los Ríos, sin embargo, no existe un detalle de consumo por comunas. Para determinar esto es necesario suponer que el consumo de Kerosene está en una directa relación con la población.

Tabla 3. Consumo de Kerosene en Valdivia

Zona	Población (habitantes)	%
Región de Los Ríos	398.707	100
Valdivia	164.581	41,3

De esta manera, se tiene que el nivel de actividad está dado por el consumo de Kerosene en la Comuna de Valdivia el cual corresponde al producto del consumo de Kerosene Regional y la proporción de la población de Valdivia sobre la Región. De esta manera se obtiene un nivel de actividad de 587 m³/año de consumo de Kerosene para la Comuna de Valdivia. Con estos valores podemos estimar las emisiones derivadas del consumo de Kerosene para la comuna de Valdivia aplicando los factores de emisión propuestos por la EPA (1998).

2.1.1.3 Estimación de emisiones

Tabla 4. Estimación de emisiones para consumo de GLP comuna de Valdivia.

Contaminante	FE (Kg/ton GLP)	GLP (ton/año)	Emisión 2013 (Ton/año)
MP10	0,0628	7.189	0,45
MP2,5	0,0628	7.189	0,45
CO	0,4144	7.189	2,98
NOx	2,0381	7.189	14,65
COV	0,1636	7.189	1,18
SO ₂	0,0032	7.189	0,02
NH ₃	0,0037	7.189	0,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Estimación de emisiones de Kerosene para Valdivia

Contaminante	FE (Kg/ m ³ Kerosene)	NA (m ³)	Emisión (Ton/año)
MP10	0,129	587,149	0,076
MP2,5	0,099	587,149	0,058
CO	0,575	587,149	0,338
NOx	2,085	587,149	1,224
COV	0,084	587,149	0,049
SO ₂	4,925	587,149	2,892

Fuente: Elaboración propia.

2.2 FUENTES EVAPORATIVAS RESIDENCIALES

2.2.1 SOLVENTES DE USO DOMÉSTICO

Para el caso de los solventes de uso doméstico, gran variedad de productos utilizados en aplicaciones domésticas contienen solventes y estos a su vez contienen (COVs) que son emitidos directamente a la atmósfera¹. De manera general las actividades que producen COVs, tanto domésticos como comerciales se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Tabla de valores para k.

Productos de Cuidado Personal	Productos de Uso Doméstico
<ul style="list-style-type: none"> • Cosméticos y productos del cuidado del cabello • Desodorantes y Antitranspirantes • Talcos • Fragancias, Colonias y perfumes • Productos del Cuidado de uñas • Tratamientos Faciales y de cuerpo • Productos de higiene bucal • Productos de salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiadores de superficies duras • Productos para el lavado de ropa • Productos para el lavado de alfombras • Productos para el lavado de loza • Ceras y Abrillantadores • Desodorantes Ambientales • Productos para zapatos y mantenimiento de cuero • Otros productos misceláneos de uso doméstico
Accesorio de Vehículos Motorizados	Accesorio de Vehículos Motorizados: Mantenimiento y Reparación
<ul style="list-style-type: none"> • Ceras y productos de limpieza de automóviles • Limpia parabrisas, siliconas • Pulidores de metal • Protectores (goma, vinilos y cuero) • Compuestos antioxidantes • Pinturas y recubrimiento de frenos • Removedores de insectos y alquitrán 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiadores y sistema de combustible (anticongelante y refrigerante) • Limpieza de motores y sistema de arranque, desengrasadores • Lubricantes • Fluidos limpia parabrisas • Sellantes de transmisión, aditivos
Adhesivos y Sellantes	Revestimiento y productos relacionados
<ul style="list-style-type: none"> • Sellantes • Adhesivos de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pinturas de aerosol en spray • Productos de cobertura
Pesticidas y Herbicidas	Productos Misceláneos
<ul style="list-style-type: none"> • Insecticidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Productos para artesanías

¹ (Emissions Estimation Technique Manual for Aggregated Emissions from Domestic/Commercial Solvent and Aerosol Use, Environment Australia, 1999)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • fungicidas • Herbicidas • Otros | <ul style="list-style-type: none"> • Productos para el cuidado de mascotas (no pesticidas) • Alimentos presurizados |
|---|---|

2.2.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

La ecuación propuesta por EMEP/EEA para el uso de otros solventes de uso doméstico como cosméticos, productos de limpieza para baño, casa y vehículos implementos de construcción.

$$E = C X FE$$

Ecuación 2

Donde:

- E: Emisión COVs (Ton/año)
 FE: Factor de Emisión (Ton/año)
 C: cantidad de producto usado en el sector (ton/año)

La proporción de solventes contenidos en un producto eliminados a la atmósfera variará dependiendo de la manera en que se utiliza. Según estudios de la EPA se asume que el 100% de las emisiones de COVNM a la atmósfera, excepto en el caso de productos se utilicen diluidos en agua (lavalozas, detergentes, blanqueadores, etc), en cuyo caso se asume generalmente el 1%, para productos que se eliminan con agua después de realizar su función (es decir, jabones, pasta de dientes, productos de limpieza, etc), se asignan factores de entre 5% y 50% COVNM emitidos a la atmósfera.

La EPA por su parte establece la siguiente ecuación, destacando la utilización de emisión por población total² Siendo el mismo enfoque utilizado por el NPI³

$$E = P X FE$$

Ecuación 3

Donde:

- E: Emisión COVs (lb/año)
 FE: Factor de Emisión per cápita (lb COV/persona/año)
 P: Población (número de habitantes)

Los inventarios de emisiones anteriores a nivel nacional han aplicado el mismo método de cálculo que el utilizado por la EPA, considerando además también los mismos FE ahí presentados.

² EPA (1996) Manual del programa de mejoramiento del inventario de emisiones (EIIP), Volumen III, Capítulo 5,

³ Emission Estimation Technique Manual for Aggregated Emissions from Domestic/Commercial Solvent and Aerosol Use, 1999 pag 7

Debido a que no existe información de base necesaria para la cuantificación de la cantidad de solventes utilizados en el sector doméstico a nivel comunal o regional, se ha optado por la utilización del enfoque metodológico de la EPA, ya que la emisión de COVs está asociada al consumo per cápita, el cual puede ser multiplicado por la población total en el área de estudio.

2.2.1.2 Factores de Emisión y nivel de actividad

Tabla 7. Factores de emisión Solventes de Uso Doméstico

N°	Factor de Emisión		Fuente
Nivel de Actividad	Población total del área de Estudio		INE, 2002 y proyecciones del CENSO
Productos en Aerosol	0,046	Kg/persona/año	EPA , 1996
Productos Domésticos	0,36	Kg/persona/año	
Productos de Cuidado personal	1,05	Kg/persona/año	
Productos de Cuidado Automotriz	0,61	Kg/persona/año	
Adhesivos y Selladores	0,26	Kg/persona/año	
Pesticidas Comerciales y Domésticos	0,81	Kg/persona/año	
Productos Misceláneos	0,03	Kg/persona/año	

2.2.1.3 Estimación de Emisiones

Según la metodología propuesta y los factores de emisión identificados, el nivel de actividad queda definido por el número de habitantes en el área de estudio. Dicho dato es obtenido desde INE a partir del censo 2002, en su proyección de habitantes en las comunas para el año 2013, según lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 8. Habitantes comuna área de estudio

Zona	Población (habitantes)
Región de Los Ríos	398.707
Valdivia	164.581

Tabla 9. Emisiones por Solventes de Uso Doméstico

Tipo de Fuente	Factor de Emisión Kg/persona/año	Emisiones (Ton/año COVs)
Productos en Aerosol	0,046	7,57
Productos Domésticos	0,36	59,25
Productos de Cuidado personal	1,05	172,81
Productos de Cuidado Automotriz	0,61	100,39
Adhesivos y Selladores	0,26	42,79

Pesticidas Comerciales y Domésticos	0,81	133,31
Productos Misceláneos	0,03	4,94
Total		521,06

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la estimación de las emisiones está dada por la población proyectada por un factor de emisión, los COVs concentran sus emisiones en los productos de cuidado personal el cual presenta el factor de emisión más alto.

La Figura 1 muestra la distribución porcentual de las emisiones totales de COVs generados para solventes de uso doméstico en la comuna de Valdivia.

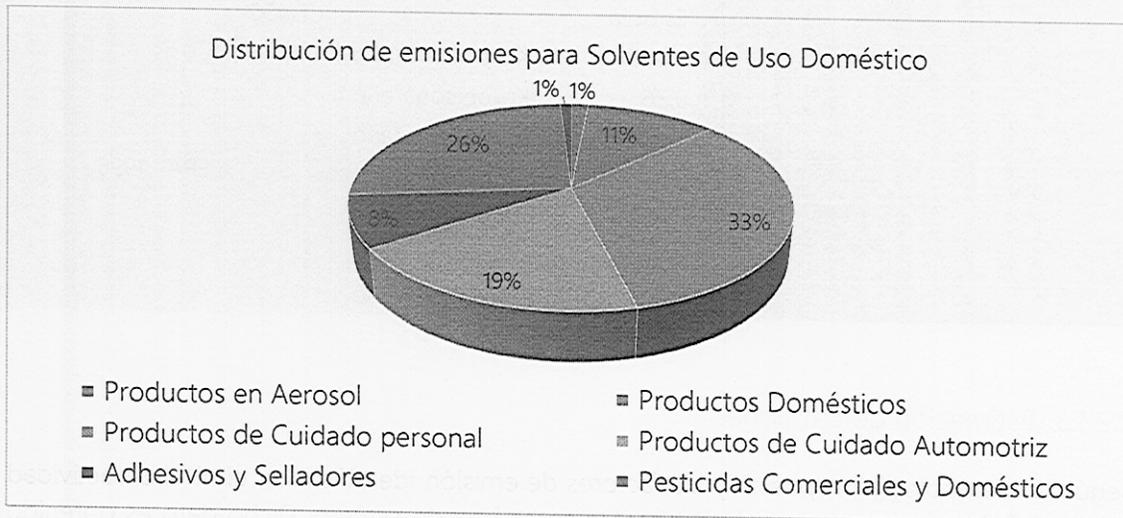


Figura 1. Distribución de Emisiones para Solventes de Uso Doméstico

2.2.2 PINTURA ARQUITECTÓNICA

Las operaciones de pintado arquitectónico, consisten en la aplicación de una capa fina de pintura al olea, al agua, laca o barniz a superficies arquitectónicas, para renovación de fachadas o proteger de la corrosión, la humedad y la radiación a superficies.

Una gran gama de coberturas son utilizadas tanto para interiores como exteriores y son en su mayoría aplicadas por dueños de casa y/o contratistas.

Las pinturas arquitectónicas están asociadas a la emisión de COVs, variando su generación en función de los productos constituyentes.

2.2.2.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

La EPA, establece un factor de emisión para cada tipo de pintura y el nivel de actividad lo relaciona con la cantidad de pintura usada⁴, a través de la ecuación:

$$E = \sum FE \times NA / \sum NA \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- E: Emisión para pintura superficial al agua
- FE: Factor de Emisión para cada pintura en lb/gal
- NA: Cantidad de Pintura Usada en Galones

Por su parte la UE5 y NPI6, utilizan enfoques similares, utilizando las ventas anuales totales para la estimación de emisiones. Por otra parte, CENMA 2010, utilizó el enfoque del inventario de emisiones de México, que a su vez toma el proceso metodológico general de la EPA. Considerando las fuentes de información disponibles, no dan cuenta del nivel de actividad en términos de venta de pinturas, se ha establecido que el enfoque del Inventario Nacional de Emisiones de México, se ajusta de mejor manera a la realidad local, siendo además el mismo método de estimación utilizado en inventarios anteriores. La ecuación que describe la metodología es la siguiente:

$$E = P \times FE \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- E: Emisión COVs (ton/año)
- FE: Factor de Emisión per cápita (Ton/persona/año)
- P: Población (número de habitantes)

2.2.2.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

El nivel de actividad está dado por la población total del área de estudio, por lo tanto, la fuente de información es el INE, en sus proyecciones del CENSO 2002.

El factor de emisión asociado a las emisiones de COVs, provenientes de este tipo de fuente, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 10. Factores de emisión Pintura Arquitectónica

Fuente	Factor de Emisión	Referencia
--------	-------------------	------------

⁴ EPA (1995) en el Manual del programa de mejoramiento del inventario de emisiones (EIIP), Volumen III, Capítulo 3,
⁵ EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 (2.D-2.1 Other solvent and product use, 2.D.3.d Coating applications pág. 15)
⁶ Emission Estimation Technique Manual for Aggregated Emissions from Architectural Surface Coatings 2003

Pintado Arquitectónico	1,36	Kg/persona/año	DDF, 1995
------------------------	------	----------------	-----------

2.2.2.3 Estimación de Emisiones

Con los antecedentes presentados, se realizó el cálculo de las emisiones de COVs, asociados a este tipo de fuente.

Tabla 11. Emisiones por aplicación Pintura Arquitectónica

Fuente	Emisiones (Ton/año COVs)
Pintura Arquitectónica	223,83

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 USO DE ADHESIVOS

Los Sectores que usan adhesivos son muy diversos, los procesos de producción y aplicación de técnicas también. Sectores relevantes son el de las cintas de adhesivos, laminas, el sector del transporte, industrias de calzados y cueros, maderas e industria de muebles.

2.2.3.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Según la UE, se utiliza la producción del producto para la estimación de emisiones, por su parte la EPA define aún más la metodología, utilizando factores en base acuosa y en base solvente. Para la estimación de esta fuente se ha revisado la información generada en la RM, la cual utiliza algunos supuestos para la determinación de los niveles de actividad, como es el caso de la actividad económica y las ventas nacionales de estos productos. Para el inventario de emisiones de la comuna de Valdivia, será utilizada la ecuación siguiente para la obtención de las emisiones de los solventes seleccionados.

$$E = NA \times FE \tag{Ecuación 6}$$

Donde:

- E: Emisión COVs (ton/año)
- FE: Factor de Emisión (Ton COV/tonelada vendida)
- NA: Número de toneladas vendidas en la zona

2.2.3.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Dado que la información de las toneladas comercializadas en la comuna no está disponible, es posible hacer una aproximación considerando datos de la producción de las dos principales empresas nacionales, las cuales en su conjunto conforman el 80% del mercado nacional, según

se manifiesta en el estudio "Calidad del Aire en Regiones Urbano-Industriales de Chile", en donde se obtuvieron los niveles de ventas anuales, para las industrias de adhesivos, las que alcanzan las 79.567 Ton/año. Considerando que el índice económico para la Región de Los Ríos es de un 1,3% respecto del resto del País, de acuerdo al PIBR, es posible estimar que las ventas en la Región alcanzan las 1.013 Ton/año. Para efectos de cálculo se aceptará que este valor corresponde a las ventas en la Comuna de Valdivia.

Tabla 12. Factores de emisión Uso de Adhesivos

Fuente	Factor de Emisión	Fuente
Uso de Adhesivos	430,9 Kg COV/ton	CARB

2.2.3.3 Estimación de Emisiones

Con los antecedentes planteados es posible determinar las emisiones generadas por el uso de adhesivos en la Comuna de Valdivia.

Tabla 13. Estimación de emisiones provenientes de Uso de Adhesivos

Tipo de Fuente	Factor de Emisión Kg COVs/Ton	Emisiones (Ton/año COVs)
Adhesivos	430,9	437

2.2.4 EMISIONES RESIDENCIALES DE NH₃

Las actividades agrícolas se consideran las principales fuentes emisoras de NH₃, sin embargo existen otras fuentes generadoras de este contaminante, como es el caso de actividades humanas cotidianas, y procesos fisiológicos asociados a seres humanos, animales domésticos y salvajes.

2.2.4.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Tanto en la EMEP/EEA como EPA, se realizan estimaciones de amoniaco para actividades y procesos asociados tanto a animales como seres humanos, utilizando el mismo enfoque metodológico específico, mediante el cálculo con factor de emisión, sin embargo el número utilizado para el cálculo difiere en especificidad.

Si bien en la gran mayoría de los inventarios desarrollados en el país no se ha abordado este tipo de fuentes, en los últimos inventarios del sur de Chile se ha prestado atención al amoniaco, como un contaminante relevante en la formación de MP secundario y neutralización de la lluvia ácida, siendo importante su estimación en zonas agrícolas. Las estimaciones realizadas

actualmente utilizan el mismo enfoque del inventario de emisiones de México, considerando los FE ahí presentados, además de los niveles de actividad asociados a la población proyectada para la zona de estudio.

Al igual que los enfoques metodológicos desarrollados en otras zonas del país será utilizada la ecuación siguiente para la obtención de las emisiones de los solventes seleccionados:

$$E = NA \times FE \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

- E: Emisión NH₃ (ton/año)
- FE: Factor de Emisión (Ton NH₃ /persona-año)
- NAe: Número de habitantes por rango etario específico

2.2.4.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Se han considerado los siguientes factores de emisión, los cuales se asocian directamente a la población por rango etario específico, dejándose fuera las estimaciones asociadas a las mascotas y animales salvajes, por no contar con información de la cantidad de cabezas por categoría específica.

Tabla 14. Factores de emisión NH₃

Fuente	Factor de Emisión		Fuente	Aceptabilidad
Transpiración humana	0,25	Kg NH ₃ /persona-año*	RADIAN, 1997	U
Respiración humana	0,0016	Kg NH ₃ /persona-año*		U
Desechos humanos	0,023	Kg NH ₃ /persona-año**		U
Uso doméstico de NH ₃	0,023	Kg NH ₃ /persona-año*		U
Pañales	0,16	Kg NH ₃ /persona-año***		U

*Rango Etéreo Total

**Rango Etéreo 5 años a límite de la categoría

*** Rango Etéreo de 0 a 4 años

2.2.4.3 Estimación de Emisiones

El nivel de actividad se obtuvo a partir de la proyección de la población residente en la comuna de Valdivia el año 2013, para ello se utilizaron las proyecciones del Censo 2002 para dicho año, la cual se observa en la Tabla 15. Respecto a las emisiones de transpiración, respiración y

desechos humanos se utilizó la población total, mientras que para definir las emisiones de uso de pañales, se utilizó sólo la población de cero a cuatro años de edad.

Tabla 15. Población por rango etáreo

Comuna	Población (2013)	0-4 años	5-80+ años
Valdivia	164.581	10.861	153.720

Fuente: Censo 2002, proyección 2013.

Tabla 16. Emisiones para fuentes residenciales de NH₃

Tipo de Fuente	Emisiones (Ton NH ₃ /año)
Transpiración humana	38,43
Respiración humana	0,25
Desechos humanos	3,54
Uso doméstico de NH ₃	3,54
Pañales	1,74
Total	47,48

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 16 presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de las emisiones de NH₃, mientras que la Figura 2 muestra la distribución de las emisiones.

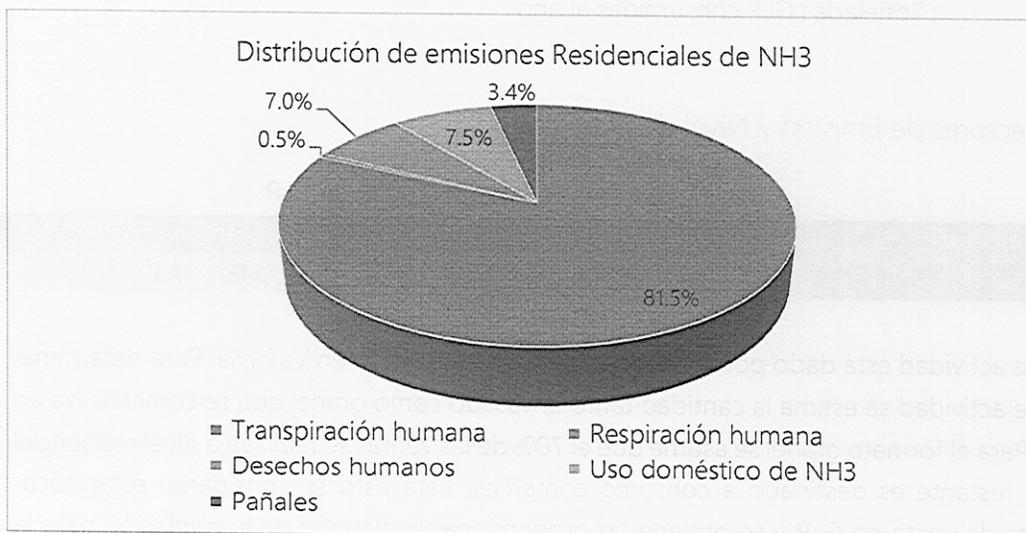


Figura 2. Distribución emisiones para fuentes residenciales de NH₃

2.2.5 FUGAS RESIDENCIALES DE GLP

Pérdidas desde el GLP pueden ocurrir de diversas formas desde una red, pudiendo estar relacionadas a las operaciones asociadas a la distribución, como a defectos propios de los

sistemas de contención, a continuación se presenta una revisión metodológica asociada a esta fuente emisora

2.2.5.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

El enfoque tradicional utilizado por la EPA, para fugas desde tanques de almacenamiento involucran el uso de software para la estimación, dicho es el caso de TANKS, el cual a través de distintos supuestos es capaz de determinar las emisiones de COVs, otras fugas producto del transporte pueden ser calculadas directamente mediante factores de emisión.

Para la definición de las fugas residenciales de GLP, en Chile se utiliza la información de consumo de GLP, provisto por las SEC, al cual se le aplica un porcentaje de pérdida estimado en base a la información de Inventarios de México.

De acuerdo a la metodología general aplicada en Chile, se plantea el uso de los niveles de actividad provistos por la SEC y los porcentajes de pérdida para la fuente seleccionada.

$$E = FExNA$$

Ecuación 8

Donde:

- E : Emisión contaminante (Ton/año)
- FE : Factor de Emisión (% de gas que se fuga)
- NA : Toneladas GLP consumidas al año

2.2.5.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Tabla 17. Factores de emisión Fugas de GLP

Fuente	Factor de Emisión	Referencia
Solvente	3.5 %	PEMEX, 2000

El nivel de actividad está dado por la cantidad de GLP consumido en Valdivia. Para determinar el nivel de actividad se estima la cantidad tanto envasado como granel que se comercializa en Valdivia. Para el formato granel se asume que el 70% de las ventas se realizan a nivel residencial y el 30% restante es destinado a consumo comercial. Para esto se consideran estadísticas Regionales de venta de GLP y se obtiene un proporcional en función de la población para la comuna de Valdivia, de esta manera se obtiene que en la comuna de Valdivia se consumen 3885,9 m³/año de GLP.

Tabla 18. Ventas Totales de GLP por Mes Región de Los Ríos, año 2013

Mes	Envasado (1)	Granel (2)	TOTAL
Enero	895	703	1.599
Febrero	857	643	1.501

Marzo	815	723	1.539
Abril	823	688	1.511
Mayo	897	824	1.721
Junio	919	848	1.767
Julio	1047	941	1.989
Agosto	1015	794	1.809
Septiembre	931	769	1.700
Octubre	879	623	1.502
Noviembre	804	532	1.336
Diciembre	850	414	1.264
TOTAL	10.734	8.503	19.237

Fuente: Estadísticas nacionales de venta de combustibles, SEC 2014

2.2.5.3 Estimación de Emisiones

El cálculo de esta fuente se realizó aplicando un porcentaje de pérdida al consumo total de combustible reportado por la SEC para el año 2013 representado en la tabla 18. Este porcentaje de pérdida ha sido estimado en 3,5%. Los resultados de estas emisiones se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Emisiones por fugas de GLP.

Fuentes emisoras	Factores de emisión (%)	GLP granel (ton)	Emisión COV (ton/año)
Fugas GLP	3,5	3.885,9	136

Fuente: Elaboración propia.

2.3 FUENTES EVAPORATIVAS COMERCIALES

2.3.1 DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE

Las emisiones correspondientes a las pérdidas evaporativas de COVs para esta categoría, se producen en el almacenamiento, transporte y expendio de gasolina. Para otros combustibles las emisiones se consideran poco significativas dada su baja presión de vapor. En el presente inventario no fueron estimadas las emisiones producto del almacenamiento de gasolina por no contar con la información necesaria para el cálculo de emisiones de esta fuente.

2.3.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Las emisiones correspondientes a las pérdidas evaporativas de COVs para esta categoría, se producen en el almacenamiento, transporte y expendio de gasolina. Las emisiones de otros combustibles se consideran poco significativas dada su baja presión de vapor.

La literatura disponible y la metodología aplicada por CENMA 2010 para el inventario realizado en las comunas de Temuco y PLC, señala que el enfoque seguido en Chile, ha sido adoptado completamente del desarrollado por la EPA, tomando los mismos resguardos para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Las emisiones evaporativas de COV durante el transporte, se originan en el desplazamiento o generación de vapores durante la carga y descarga del combustible y dependen de su modo de operación, siendo sus emisiones mayores en el caso que los camiones no cuenten con sistema de traspaso de vapores.

Las emisiones se calculan usando la siguiente ecuación:

$$L_1 = 12,46 \times \frac{S \times P \times M}{T} \times \left(1 - \frac{Eff}{100}\right) \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

- L1 : Pérdidas por llenado (libras/1000 galones líquidos cargados)
- S : Factor de saturación
- P : Presión de vapor real del líquido cargado
- M : Peso molecular de vapores (lb/lb Mol)
- T : Temperatura del líquido cargado R (R=F+460)
- Eff : Eficiencia de recuperación de vapores

El factor de saturación (S) involucrado en el cálculo de las emisiones asociadas al transporte de combustibles, depende del modo de operación de la carga de los líquidos. En la presente estimación, se utilizó el valor que supone llenado sumergido de estanque dedicado normal (S=0,6), el cual no incluye control de las emisiones evaporativas de COV. En la Tabla 18 se muestran dichos valores.

Tabla 20. Factor de saturación (S) dependiente del modo de llenado de los estanques de camiones.

Tipos de transporte	Modo de operación	Factor S
Camiones tanque o	Llenado sumergido de estanque limpio	0,50
	Llenado sumergido de estanque dedicado normal	0,60
Vagones tanque	Llenado sumergido de estanque dedicado con traspaso de vapores	1,00
	Llenado por rociado de estanque limpio	1,45
	Llenado por rociado de estanque dedicado con traspaso de vapores	1,45

Llenado por rociado de estanque con traspaso de vapores	1,00
---	------

Fuente: EPA, 1995 AP – 42

Tabla 21. Variables para estimar emisiones de COVs por llenado en transporte de combustible.

Variable	Variable	Valor	Unidad
S	Factor de saturación	0,50	adimensional
P	Presión de vapor real del líquido cargado	0,60	psig
M	Peso molecular de vapores (lb/lb mol)	1,00	lb/lmol
T	Temperatura del líquido cargado ($^{\circ}R = ^{\circ}F + 460$)	1,45	$^{\circ}R$
Eff	Eficiencia de recuperación de vapores	1,45	%

Fuente: EPA, 1995 AP - 42

Tabla 22. Factor de emisión para COV por transporte de combustible

Variable	Valor	Unidad
L_1	8,844939	lb/1000 galones de líquido líquido cargado
L_1	1,05999E-06	Ton/ m ³ de líquido cargado

Fuente: EPA, 1995 AP – 42

Para el expendio final, las fuentes evaporativas de COV, se ocasionan durante el traspaso de combustible que realizan los camiones a las estaciones de servicio para su expendio final, y están asociadas a los llenados de los estanques subterráneos de gasolina con camiones distribuidores, respiración de estanques en el momento de llenado o vaciado y derrames accidentales durante el expendio.

La tabla 23 muestra las distintas etapas del expendio final de combustible con sus factores de emisión y en forma destacada los factores seleccionados suponiendo un escenario desfavorable. De esta forma, se obtiene el factor de emisión correspondiente a 0,0039 Ton de COV por cada m³ de combustible.

Tabla 23. Factores de emisión de COV para el expendio final.

Etapas	Factor de emisión (mg/l transferido)	Observación
Llenado de estanques y camiones	880	Alimentación sumergida
	1380	Llenado por rociado directo
	40	Llenado por traspaso de vapores
Respiración de estanques	120	...
Llenado de estanques de vehículos	1320	Llenado no controlado
	132	Llenado controlado
Derrames	80	...

Factor de emisión	0,003952	Ton/m ³
-------------------	----------	--------------------

Fuente: EPA, 1995 AP – 42

De esta forma, el nivel de actividad correspondió al volumen de combustible (gasolina) transportado desde las plantas de almacenamiento a los camiones distribuidores. Para la estimación se supuso que el volumen de combustible es igual al total de ventas de las compañías distribuidoras. La información de ventas de gasolinas se obtuvo desde la SEC, en su informe estadístico 2013, el que incluye las ventas realizadas a la industria, comercio o particulares; empresas de transportes y al consumo interno de vehículos de las empresas distribuidoras.

En la Tabla 24 se presentan los valores de ventas de combustibles en la comuna de Valdivia para el año 2013.

Tabla 24. Consumo de combustible en m³ (gasolina 93, 95 y 98 octanos)

Consumo de Combustible (m ³)	Datos
Consumo XIV Región	65264,00
% Población Valdivia	41,28
Consumo Valdivia 2013	26940,98

Fuente: INE 2002- SEC 2013.

Para la estimación de las emisiones se utilizó el procedimiento utilizado en CONAMA – CENMA (2001), asociado al transporte de combustibles y al modo de operación de la carga de los líquidos. En esta estimación se utilizó el valor que supone llenado sumergido de estanque dedicado normal ($S=0,6$), es decir, sin control de las emisiones evaporativas de COV. Para el caso de expendio final, se asume un escenario desfavorable en el que no se aplica ninguna medida de control en el llenado y traspaso de combustible.

2.3.1.2 Cálculo de emisiones.

Utilizando los factores de emisión para transporte y expendio de gasolina reportados en la Tabla 22 y 23, y la estimación del combustible consumido en la comuna de Valdivia (Tabla 24), se calcularon las emisiones para este rubro según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 25. Cálculo emisiones por distribución de combustibles comuna de Valdivia

Fuente	FE (Ton/m ³)	Consumo combustible (Ton/m ³)	Emisiones (Ton/COV-año)
Expendio de combustible	0,003952	26940,98	106,47
Transporte de combustible	0,0000011	26940,98	0,03
Total			106,50

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 LAVASECOS

Dentro de las fuentes evaporativas de área, los lavasecos poseen una importancia relativa a la contribución de emisiones de COVs, debido a la utilización de solventes sintéticos halogenados y/o solventes orgánicos derivados del petróleo, para el proceso de lavado. El proceso general de limpieza en seco, involucra 3 pasos: Lavado de telas con solventes, centrifugado para retirar los excesos de solvente y el secado por una corriente de aire caliente.

Las fuentes de emisión son principalmente relacionados con derrames de solvente, emisiones fugitivas desde cañerías y vapores emitidos al remover la ropa desde las máquinas lavadoras⁷ (citado en).

2.3.2.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Las metodologías internacionales disponibles, difiere en la forma de aplicación del factor de emisión, considerando la incorporación de estadísticas del sector como es el caso del inventario de INE México, y encuestas a las fuentes emisoras, como es el caso de la EPA, esta última además considera factores de emisión per cápita y por kg de ropa lavado.

La metodología aplicada en inventarios anteriores considera la utilización de los enfoques metodológicos de la EPA.

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 10

Donde:

E: Emisión COVs (Ton/año)

⁷ Emission Estimation Technique Manual for dry cleaning, Environmental Australia Queensland Department of Environment and Heritage, 1998

FE: Factor de Emisión (Kg/trabajador-año)
 NA: Número de trabajadores por lavaseco

2.3.2.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

El factor de emisión de COVs, generados en las operaciones de los lavasecos se presenta a continuación.

Tabla 26. Factor de Emisión por pérdidas por solvente para lavasecos.

Fuente	Factor de Emisión	Fuente
Lavasecos	317,76 Kg/año-trabajador	NEI,1999

El nivel de está determinado por el número de trabajadores de cada lavaseco. Para determinar el nivel de actividad, se realizó una encuesta telefónica a las siguientes fuentes individualizadas mediante la utilización de registros web. Algunas de éstas, no accedieron a entregar la información, por lo que se utilizó un número promedio de trabajadores, en relación a la información disponible

Tabla 27. Lavasecos existentes en la Comuna de Valdivia

Nombre	Dirección	Número	Teléfono	N° Trabajadores
Lavaseco Tip Top	Arauco	384	221 3586	8
Lavaseco Tip Top	Phillippi	1668	221 6084	5
Laverap Lavaseco	Arauco	697	220 0099	4
Lavandería y lavaseco Fénix	Pedro Montt	1746	221 2765	3
Lavaseco Au Chic	Arauco	436	221 3937	4
Lavaseco Isla Teja	Boldos	474	221 2633	3

2.3.2.3 Estimación de emisiones

Con los antecedentes planteados es posible determinar las emisiones de COVs generadas por los Lavasecos en la Comuna de Valdivia.

Tabla 28. Estimación de emisiones provenientes de Lavasecos

Fuente	FE (kg/año-trabajador)	N° Trabajadores	Valdivia (Ton/COVs-año)
Lavasecos	317,76	27	8,58

2.3.3 PINTURA INDUSTRIAL (VEHÍCULOS)

Esta categoría se refiere al revestimiento de automóviles como parte de su fabricación; incluye protección contra la corrosión en el punto de fabricación. Los contaminantes más importantes liberados en actividades de pintado industrial de vehículos son los COVNM (solvente contenido en los revestimientos). También puede ser emitido material particulado al utilizar la pulverización como técnica de aplicación; sin embargo muchos de las operaciones de pulverización se llevan a cabo en cabinas de pulverización equipadas con algún tipo de dispositivo de captación de partículas.

Otros contaminantes que pudieran ser emitidos a la atmosfera corresponden a compuestos derivados de metales pesados, que se utilizan como pigmentos, sin embargo, no hay factores de emisión disponibles.

Las pinturas en polvo y pinturas líquidas sin solventes no contienen COVNM. En el caso de pinturas en polvo, existe el potencial de emisiones de partículas⁸

2.3.3.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

De acuerdo a la metodología Internacional de EMEP/EEA la ecuación plantea multiplicar el consumo de pintura por un factor de emisión

$$E = FExNA$$

Ecuación 11

Donde:

- E: Emisión COVs (Ton/año)
- FE: Factor de Emisión (Ton/persona-año)
- NA: Número de personas.

Esta ecuación se aplica a nivel nacional, con cifras totales nacionales anuales para el consumo de pintura.

Las emisiones de COVs provenientes de la aplicación de pinturas se han desagregado en dos sectores dependiendo del tipo de pintura y de su utilización, de la forma como se indica a continuación:

- Sector residencial (pintura arquitectónica, la cual fue determinada anteriormente)
- Sector comercial (talleres de pintado de vehículos)

La diferenciación metodológica entre ellos no se presenta precisamente por su ecuación de estimación de emisión, cuyos conceptos teóricos presentan la misma base metodológica, sino

⁸ EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 2.D-2.L Other solvent and product use 2.D.3.d Coating applications

31 31 31

más bien en el proceso de cuantificación de los niveles de actividad o consumos de pinturas para los diferentes sectores, la ecuación utilizada es muy similar a la que plantea la metodología internacional de EMEP/EEA.

Para el caso de la Comuna de Valdivia, debido a la falta de información sobre el dato específico de pintura utilizada para estos fines, se utilizó la metodología desarrollada por la SERMANAT (2000). Esta metodología, representada por la ecuación 12, estima las emisiones de COV en base a la población de la zona en estudio.

$$E = FE \times NA \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- E: Emisión COVs (Ton/año)
- FE: Factor de Emisión (Kg/persona-año)
- NA: Número de personas.

2.3.3.2 Factores de Emisión

Los factores de emisión a aplicar corresponden a los que se presentan a continuación para aplicación de pintura industrial.

Tabla 29. Factor de Emisión para Pintado Industrial de Vehículos

Contaminante	FE (Kg/persona-año)	Referencia
COV	0,14	SERMANAT 2000

2.3.3.3 Cálculo de Emisiones

Tabla 30. Emisión por pintado Industrial de Vehículos

Fuente	Referencia (Ton COVs/año)
Pintado Industrial Vehículos	23,04

2.3.4 APLICACIÓN DE ASFALTO

Los caminos de asfalto son una mezcla compactada de áridos y un ligante asfáltico, grava natural, piedra manufacturada (de canteras) o subproductos del refinado de minerales metálicos se utilizan como agregado, cemento asfáltico o asfalto licuado se pueden usar como el aglutinante de asfalto⁹

⁹ EMEP/EEA emission inventory guidebook 2.D-2.L 2013 Other solvent and product use, 2.D.3.b Road paving with asphalt

2.3.4.1 Estado del arte y metodología aplicada

Tanto la fabricación de asfalto como su aplicación llevan a la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Las emisiones durante la fabricación se producen durante la mezcla y el almacenamiento. Una vez que la mezcla asfáltica se aplica, los COVs se emiten a la atmósfera a través del tiempo hasta que casi todo el contenido de COVs del asfalto aplicado se pierde¹⁰. La metodología aplicada obedece a la ecuación general para la estimación de emisiones, en donde el nivel de actividad está dado por las toneladas de asfalto aplicadas en un año.

$$E = FE \times NA \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

- E: Emisión contaminante (Ton/año)
- FE: Factor de Emisión (Kg/ton asfalto aplicado)
- NA: Toneladas de asfalto aplicada

2.3.4.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Los factores de emisión a aplicar corresponden a los que se presentan a continuación para aplicación de asfalto.

Tabla 31. Factor de emisión por aplicación de asfalto

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
COVNM	320	Kg/Ton Asfalto	IPCC 1996

El nivel de actividad está dado las toneladas anuales de asfalto pavimentado. Para esto se utilizó la información disponible en la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que señala que para el año 2014 (no se obtuvo información del año base), se pavimentaron 60,3 km en Los Ríos. Por otra parte, se tiene que por cada kilómetro cuadrado pavimentado se aplican 100 kg de asfalto. De esta manera, se tiene que los 60,3 km corresponden a 1,206 km². Así se obtiene que se aplican 120,6 kg/asfalto.

2.3.4.3 Estimación de emisiones

¹⁰ National pollutant inventory emission estimation technique manual for fugitive emissions version 2.0 january 2012 Australia government.

Tabla 32. Estimación de emisiones Aplicación de Asfalto 2013

Contaminante	FE (kg/Ton de asfalto)	NA (toneladas/año)	Emisión (ton/año)
COVNM	320	0,1206	0,038592

2.3.5 FUGAS COMERCIALES DE GLP

Las emisiones fugitivas a partir del GLP son contaminantes que escapan a través de un proceso industrial fugas, manejo de materiales, control operativo inadecuado, transferencia, almacenamiento o distribución. Con el equipo de GLP adecuadamente mantenido, las emisiones fugitivas son confinadas principalmente a las operaciones de transferencia de carga del tanque, y estas emisiones son controlables. Con el equipo mantenido de forma inadecuada, fugas en la distribución del sistema pueden ocurrir en válvulas y flanges¹¹.

2.3.5.1 Estado del arte y metodología aplicada

De acuerdo a la metodología aplicada en otros inventarios de emisiones se propone la metodología de cálculo mediante factor de emisión.

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 14

Donde:

- E : Emisión contaminante (Ton/año)
- FE : Factor de Emisión (% de gas que se fuga)
- NA : Toneladas GLP granel

2.3.5.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

Tabla 33. Factor de Emisión por Fugas Comerciales de GLP

Contaminante	Factor de Emisión		Fuente
COV	1.5	%	PEMEX, 2000

Para determinar el nivel de actividad se estima la cantidad de GLP granel que se comercializa en Valdivia, la cual corresponde al 30% de las ventas totales de este formato. Para esto se consideran estadísticas Regionales de venta de GLP y se obtiene un proporcional en función

¹¹ USEPA 1993 Emission factor documentation for ap-42 section 1.5 liquefied petroleum gas combustion

de la población para la comuna de Valdivia, de esta manera se obtiene que en la comuna de Valdivia el sector comercial consume 1.165,8 Ton/año de GLP.

Tabla 34. Ventas Totales de GLP por Mes Región de Los Ríos (Ton), año 2013

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Granel (2)	703	643	723	688	824	848	941	794	769	623	532	414	8.503

Fuente: Estadísticas nacionales de venta de combustibles, SEC 2014

2.3.5.3 Estimación de emisiones

Tabla 35. Estimación de emisiones Aplicación de Asfalto 2013

Contaminante	FE (%)	NA (toneladas GLP/año)	Emisión (ton/año)
COVs	1,5%	1.165,8	17,49

2.4 RESTAURANTES Y COMIDA RÁPIDA

2.4.1 RESTAURANTES Y ASADURÍAS

Para las fuentes denominadas restaurantes se considera solamente aquellos que ofrecen las llamadas "parrilladas" a sus clientes, pues son estos los que emplean combustibles como leña y carbón. En la comuna de Valdivia esta actividad se limita a una pequeña cantidad de locales que ofrecen "parrilladas".

2.4.1.1 Estado del arte y metodología a aplicar

Esta fuente se refiere a la operación de asar carnes, que por lo general son de vacuno o de pollo sobre una flama abierta en el que se permite que la grasa escurra hacia adentro de la flama abierta y que usen como combustible leña o carbón.

La EPA considera factores de emisión asociados a la cantidad de carne asada por tipo, sin embargo, este es un valor difícil de precisar, por lo tanto la metodología a emplear será la utilizada en otros inventarios nacionales, que considera la parrilla como un horno de cocción que opera con carbón vegetal, por lo tanto el factor de emisión está asociado al consumo de combustible.

$$E = NA \times FE \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

E : Emisiones provenientes de parrillas

NA : Consumo de combustible (Ton/año)
 FE : Factor de emisión (Ton contaminante/Ton combustible)

El primer paso al estimar las emisiones de la carne asada consiste en determinar el número de parrillas y asadurías. Como se mencionó anteriormente, se obtiene la información aplicando encuestas en terreno en los locales identificacdos.

2.4.1.2 Factores de emisión y nivel de actividad

La campaña de terreno abordó los restaurantes y asadurías de pollos, individualizadas en la tabla 35 . En éstos se aplicó una encuesta para determinar el tipo de combustible empleado y el nivel de consumo, así como su perfil de funcionamiento. Con lo cual fue posible estimar que el consumo anual de carbón del rubro es de 108.675 kg/año.

Tabla 36. Restaurantes y Asadurías de pollos catastradas en la Comuna de Valdivia

INFORMACION ESTABLECIMIENTO				INFORMACION DE LA FUENTE		
Nombre	Dirección	Número	Contacto	Combustible	magnitud	unidad
pollo a las brasas donde Schuler	Arauco	939	5110669	Carbón	14085	kg/año
Pollo a las Brasas	Av. Bueras		2530216	Carbón	15650	kg/año
Pollo Dond' Arturo	Pedro Montt			Carbón	2880	kg/año
Parrilla de Thor	Arturo Prat	653	2270767	Carbón	15650	kg/año
Fogón Palestino	Av. España	507	2216243	Carbón	12520	kg/año
Fogón Llancahue	Picarte	3560	2224555	Carbón	14085	kg/año
Lomo de Toro	Los Robles	170	2346423	Carbón	12520	kg/año
Asados Bodega Contigua	Yungay	634	2206601	Carbón	14085	kg/año
Valtor	Camino a niebla		4720 km 8	Carbón	7200	kg/año
Total					108.675	Kg/año

Tabla 37. Factores de emisión para restoranes (parrillas)

Fuentes	FE PTS (ton/ton)	FE MP10 (ton/ton)	FE SO ₂ (ton/ton)	FE NO _x (ton/ton)	FE CO (ton/ton)
---------	------------------	-------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------

Asadurías y parrillas	0,031	0,0208	0,00004	0,00375	0,003
-----------------------	-------	--------	---------	---------	-------

Fuente: "Análisis de la Calidad del Aire para MP-10 en Tocopilla". DICTUC S.A., 2006

2.4.1.3 Estimación de emisiones

Tabla 38. Cálculo de emisiones Restoranes (parrillas) 2013

Contaminante	FE (Ton/año)	NA (Ton/año)	Emisión (Ton/año)
PTS	0,031	108,7	3,369
MP10	0,0208	108,7	2,260
MP2,5	0,0208	108,7	2,260
SO ₂	0,00004	108,7	0,004
NOX	0,00375	108,7	0,408
CO	0,003	108,7	0,326

Fuente: Elaboración propia.

2.5 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

2.5.1 EMISIONES DESDE VERTEDEROS

2.5.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Los rellenos sanitarios y vertederos son utilizados para la disposición de residuos sólidos municipales. Sus emisiones más significativas son el CH₄ y los COVs.

La metodología para estimar las emisiones generadas en el vertedero que propone la EPA, corresponde a la aplicación del modelo Landfills Gas Emissions Estimation Model (LandGEM). Este modelo se basa en una ecuación de primer orden donde se estima la cantidad de metano al año que se produce en el vertedero.

$$Q_{CH_4} = L_o R (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Q_{CH₄} : Tasa de generación de metano en el tiempo t, m³/año.

L_O : Potencial de generación de metano m³ CH₄/Mg.

R : Tasa de depósito durante el la vida activa de relleno.

e : Base de logaritmo natural.

k : Constante de la tasa de generación de metano.

c : Tiempo transcurrido desde que cierre del relleno, en años (c=0 si aún está activo).

t : Tiempo desde que comenzó a funcionar el relleno, en años.

Tabla 39. Tabla de valores para k.

Lluvia (mm/año)	Valor k
< 635	0,02
> 635	0,04

Fuente: AP42, EPA.

La metodología a utilizar para el cálculo de las emisiones provenientes de vertederos en la Comuna de Valdivia, será la propuesta por la EPA y corresponde a la que se ha empleado en los anteriores inventarios de emisiones aplicados a nivel nacional. Adicionalmente se presentan los resultados de emisiones de COVNM, con el software Landgem 3.02.

Para la estimación de emisiones del vertedero de la comuna de Valdivia fue requerida la siguiente información: Año inicio de actividades, capacidad, vida útil, disposición de residuos por año en el vertedero.

2.5.1.2 Factores de Emisión y Nivel de Actividad

La generación de residuos al año 2013 se estima en 42.567 ton/año. Por otra parte se tiene durante el tiempo de vida útil del vertedero (30 años), existe una demanda de 1.362.386 ton, lo que equivale a 1,9 millones de m³ de residuos a disponer. Para esto, el vertedero cuenta con una capacidad total de 2,03 millones de metros cúbicos.

Por lo tanto, la estimación de emisiones del vertedero es calculada por LANDGEM, luego, existen otras emisiones asociadas a los vertederos que tienen quema de gas como sistema de control, los cuales se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 40. Factores de Emisión para operaciones en Vertedero

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
NO ₂	650	kg/10 ⁶ m ³ CH ₄	AP-42 1995
CO	12000	kg/10 ⁸ m ³ CH ₄	AP-42 1995
PM10	270	kg/10 ⁸ m ³ CH ₄	AP-42 1995

De acuerdo a la estimación realizada con el software Landgem se generan 1,54 millones de m³/año de CH₄, con lo que es posible determinar la emisión de los demás contaminantes señalados en la tabla 39.

2.5.1.3 Estimación de emisiones

A continuación se presentan los resultados de la estimación de emisiones con LandGEM y la estimación de emisiones provenientes de la quema de gas como sistema de control.

Tabla 41. Emisiones de gases obtenidas mediante Landgem

Compuesto	Emisión Landgem (Ton/año)
COVNM	26,4
CO ₂	2.813

Tabla 42. Emisiones por disposición de residuos

Contaminante	Emisiones (Ton/año)
NO ₂	0,999
CO	18,44
PM10	0,415

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 AGUAS SERVIDAS (PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS)

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua y que deben ser tratadas antes de su disposición final. En las plantas de tratamiento se generan principalmente emisiones de COVs y NH₃.

Los COVs son emitidos desde las plantas de tratamiento, colectores y sistemas de almacenamiento, a través de la volatilización de los compuestos orgánicos desde la superficie del líquido. Las emisiones son gatilladas a partir de mecanismos difusivos y/o convectivos, los primeros se dan cuando las concentraciones en la superficie del agua son muy superiores a las concentraciones ambientales de un compuesto dado, mientras que el mecanismo convectivo ocurre por la acción de flujos de aire sobre la superficie del agua, siendo el flujo de volatilización directamente proporcional al flujo de aire sobre la superficie del agua¹²

2.5.2.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

La metodología general aplicada por la EPA, considera la aplicación del software WATER 9v. 3, el cual entrega en detalle distintos tipos de compuestos potenciales de ser emitidos a la atmosfera, individualizando las operaciones unitarias del proceso. En el AP-42 se establecen además algunos factores de emisión asociados a procesos productivos específicos y DBO₅, dejando fuera el tratamiento de aguas domiciliario. El NPI utiliza un enfoque similar al de la

¹² emission estimation technique for Manual for Sewage and Treatment Plants, NPI, 1999

EPA, recomendando el uso de WATER 8 (versión anterior del software previamente citado) y presentando algunos factores de emisión específicos consensuados en Canadá para tratamientos previos y físico-químicos considerándose el benceno, diclorometano y cloroformo como compuestos a estimar, la mayor limitante de estos últimos radica en la especificidad para volúmenes de tratamiento. Por su parte EMEP/EEA, considera la inclusión de factores de emisión genéricos y no específicos para ciertos tipos de COVs, siendo además genéricos tanto el tipo de tecnología de tratamiento y las capacidades de la PTAS, se incluyen dentro de este apartado las emisiones de NH₃ proveniente de letrinas.

A nivel nacional se ha determinado la generación de NH₃, sin considerar la estimación de COVs. Utilizando como criterio de cálculo la cantidad de aguas tratadas y el factor de emisión presentado en Radian para el inventario de emisiones de México.

De acuerdo a las metodologías internacionales, y considerando las limitaciones de información para la estimación de emisiones provenientes de plantas de tratamiento industriales, se considera la aplicación de la metodología EMEP/EEA con factor de emisión como método de cálculo para el actual inventario, las cuales se calculan mediante la ecuación general siguiente:

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 17

Dónde:

E : Emisiones del contaminante en estudio (ton/año)

FE : Factor de emisión (mg/litro)

NA : Caudal de agua tratada (litro/año)

2.5.2.2 Factores de Emisión y nivel de actividad

Los factores de emisión a aplicar corresponden a los que se presentan a continuación, cabe destacar que ambos presentan un nivel de incertidumbre no determinado.

Tabla 43. Factores de emisión para PTAS.

Compuesto	Factor de Emisión		Fuente
COVNM	15	mg COVNM/m ³ agua residual	EMEP/EAA, 2013
NH ₃	3,33	mg NH ₃ /L agua residual	Radian en CENMA,2009

2.5.2.3 Cálculo de Emisiones

Tabla 44. Emisión Evaporativas desde Plantas de Tratamiento

Contaminante	Emisiones 2013 (Ton/año)
NH ₃	28,84
COVNM	0,13

Fuente: Elaboración propia.

2.6 QUEMAS

2.6.1 QUEMAS AGRÍCOLAS

Se considera en esta categoría a las quemas de restos de cultivos en la zona agrícola o lugar de cultivo, con fin de preparar los campos para dobles cultivos o para el siguiente ciclo agrícola. La emisiones derivadas de la quema de residuos agrícolas son principalmente: COVs, CO, MP10 y NOx.

Las emisiones de quemas agrícolas dependen de varios factores diferentes. En general se diferencian según los tipos de cultivos en distintas situaciones de actividad agrícola, como por ejemplo, actividades asociadas a quemas de residuos y rastrojos generados en la etapa de cosecha, actividades asociadas a podas y actividades de disminución de pastizales y hierbas, en donde para cada una de ellas serán relevantes las cargas de combustible por superficie consumida (cantidad de material orgánico por unidad de área de terreno).

2.6.1.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

La California Air Resource Board (CARB) presentó en junio de 2005 una actualización metodológica para calcular las emisiones producto de las quemas agrícolas^[32], donde el factor de emisión usado depende sobre todo del tipo de cultivo y del tipo de quema, se dan los siguientes tipos de quemas: quemas de residuos, quemas de rastrojos agrícolas posterior a la época de cosecha, actividades asociadas a podas y actividades de disminución de pastizales y hierba.

Así las emisiones se calculan según la siguiente ecuación:

$$E = S \times FE \times FC \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- E* : Emisiones anuales [Ton/año].
- S* : Superficie en hectáreas consumidas por quemas agrícolas.
- FE* : Factor de emisión del contaminante considerado (lb/Ton).
- FC* : Factor de carga (Ton/acre)

Corresponde señalar que además se presenta un nuevo parámetro a contemplar, el factor de carga de combustibles (cantidad de material orgánico por unidad de área de terreno) para los diferentes tipos de cultivos.

Los factores de emisión utilizados actualmente por la CARB, corresponden a los publicados en la Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, los cuales se encuentran detallados por tipos de cultivos agrícolas en distintas situaciones de actividad agrícola, como actividades asociadas a quemas de residuos y rastrojos agrícolas posterior a la época de cosecha, actividades asociadas a podas y actividades de disminución de pastizales y hierba.

Por otra parte, la EPA también dispone de una metodología para estimar las emisiones generadas por las quemas agrícolas (Agricultural Waste), del mismo modo que la metodología presentada anteriormente, esta depende de un factor de emisión, un factor de carga y del área total quemada según el tipo de cultivo.

Las emisiones de las quemas agrícolas han sido estimadas por varios inventarios nacionales, tales como los desarrollados para las regiones V, VI y IX, el año 2001 elaborado por CENMA; los desarrollados por DICTUC, para la Región Metropolitana año 2007, para Temuco y Padre las Casas año 2008 y los desarrollados por la UCT, para las comunas de Chillán, Los Ángeles y el Gran Concepción, todos los cuales se basan en la metodología propuesta por la CARB.

De acuerdo a los antecedentes expuestos por los referentes internacionales y nacionales, se estima pertinente utilizar la metodología propuesta por la CARB, la que, a pesar de ser similar a la presentada por la EPA, permite un mejor estándar de comparación con los inventarios desarrollados previamente en el país. Destaca además por presentar FE más actualizados.

2.6.1.2 Factores de emisión y nivel de actividad

Tabla 45. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton)

Cultivo	PM10	PM2,5	NOX	SO ₂	COV	CO	Factor de carga (Ton/ha)
Trigo	10,60	10,10	4,30	0,90	7,60	123,60	4,8
Avena	20,70	19,70	4,50	0,60	10,30	136,00	4,0
Cebada	14,30	13,80	5,10	0,10	15,00	183,70	4,3
Maíz	11,40	10,90	3,30	0,40	6,60	70,90	10,5

Fuente: CARB Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology¹³.

Los niveles de actividad requeridos para el cálculo de las emisiones corresponden a las hectáreas quemadas por tipo de cultivo, las cuales normalmente son mayores a las registradas por CONAF, ya que muchas de las quemas generadas no son registradas ante el órgano competente, por esta razón se propone emplear factores de reducción por reutilización de

¹³ CARB, Managed Burning Emission Factor Table. Consultada en: <http://www.arb.ca.gov/ei/see/see.htm>.

rastrajo a las hectáreas de cultivo por tipo, registradas en el censo agropecuario. De acuerdo a lo señalado en la Guía Metodológica de Inventarios de Emisiones se debe aplicar un factor de un 10% de reducción por reutilización de rastrojos provenientes de los cultivos, es decir, que solo se quema un 90% de los rastrojos. Con la información obtenida del censo agropecuario es posible establecer la superficie sometida a quemas agrícolas por tipo de cultivo, considerando el factor de reutilización del rastrojo, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 46. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton)

Tipo Cultivo	Superficie (Ha)	Factor reutilización rastrojo (0,9)
Trigo	203,3	182,97
Avena	44	39,6
Cebada	30	27
Total Cereales	277,30	249,57

2.6.1.3 Estimación de Emisiones

Con la metodología antes mencionada se realizó la estimación de emisiones provenientes de las quemas agrícolas, las cuales son directamente relacionadas con la cantidad de hectáreas por tipo de cultivo, encontrándose que la mayor emisión de material particulado proviene de los cultivos de trigo, ya que son los predominantes en la comuna de Valdivia.

Tabla 47. Factores de emisión para quemas agrícolas por tipo de cultivo (lb/Ton)

Cultivo	PM10	PM2,5	NOX	SO ₂	COV	CO	Factor de carga (Ton/ha)
Trigo	4,2228	4,0236	1,7130	0,3585	3,0277	49,2394	4,8
Avena	1,4873	1,4154	0,3233	0,0431	0,7401	9,7716	4
Cebada	0,7531	0,7267	0,2686	0,0053	0,7899	9,6742	4,3
Maíz	-	-	-	-	-	-	10,5
Total	6,4632	6,1658	2,3049	0,4069	4,5577	68,6852	

2.6.2 INCENDIOS FORESTALES

Esta fuente se asocia a procesos de combustión de origen natural y/o incontrolado, que consumen vegetación de diversas especies y que varían en edad, tamaño y densidad para una zona geográfica determinada¹⁴. De ahí la relevancia que se asocia a esta fuente, por su

¹⁴ Wildfire, Section 9.3. CARB, 2004.

capacidad de emitir grandes cantidades de contaminantes a la atmosfera, y el potencial impacto que estas puedan tener en áreas urbanas cercanas.

El tamaño y la intensidad, incluso la aparición de un incendio forestal dependen directamente de variables tales como las condiciones meteorológicas, las especies de vegetación presentes en el área de ocurrencia y su contenido de humedad, y la cantidad de material combustible por hectárea (carga de combustible disponible). Una vez que se inicia un incendio, el material combustible seco se consume primero. Luego, si las condiciones imperantes en el evento favorecen las altas temperaturas e impiden realizar un rápido control, el material verde se secará rápidamente y dará lugar a la combustión del mismo, generando reacciones en cadena que extenderán el área afectada, elevando la emisión de contaminantes.

Las emisiones generadas dependen de muchas variables, pero las más importantes son el tipo o especie quemada y el contenido en humedad de las mismas. Las emisiones más características generadas por los incendios forestales corresponden a MP10, CO, CO₂, COVs y en menor medida HAPs y NO_x.

2.6.2.1 Estado del arte y metodología aplicada

A continuación se presenta un análisis de las principales metodologías y supuestos utilizados para la estimación de emisiones generadas por incendios forestales, considerando aspectos relativos a la ecuación para el cálculo de emisiones, determinación de los niveles de actividad y factores de emisión.

La CARB ha desarrollado importantes avances en materia estimación de emisiones para la fuente incendios forestales, generando continuamente actualizaciones a sus metodologías y perfeccionamiento en sus procedimientos de captura de información. En primera instancia utilizó una metodología de cálculo basada en la multiplicación entre un factor de emisión y la superficie afectada por el incendio.

$$E = S \times FE_s \qquad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

- E : Emisiones anuales del contaminante considerado (Ton/año)
- S : Superficie en hectáreas consumidas por el fuego (Ha)
- FE_s : Factor de emisión del contaminante considerado (kg/Ha)

Los factores de emisión asociados a esta metodología son presentados en la Tabla 47, y fueron actualizados por última vez en enero de 1999. Como se observa en la Tabla, estos factores de

emisión dependen del tipo de vegetación que es afectada por el fuego del incendio.

Tabla 48. Factores de emisión para 2 tipos de vegetación afectada por incendios.

Contaminante	Factor de emisión (Kg/Ha)	
	Hierba y arbustos	Madera aserrable
PTS	35,9	571,6
CO	226,4	2790,9
NOX	0,0	131,1
COVs	43,7	168,1

Fuente: California Air Resources Board, 1999. Sección 9.3, Wildfire.

Más tarde, la CARB presentó una actualización metodológica, basada en el desarrollo de nuevos factores de emisión, basados en la cantidad de combustible o material que se quema en un incendio forestal, el cual varía según el tipo de vegetación afectada. De esta manera, la ecuación de cálculo incorpora una nueva variable, quedando según se muestra a continuación.

$$E = S \times FE_m \times FC \quad \text{Ecuación 20}$$

Dónde:

E : Emisiones anuales del contaminante considerado (Ton/año)

S : Superficie en hectáreas consumidas por el fuego (Há)

FE_m : Factor de emisión del contaminante considerado (kg/Ton)

FC : Factor de carga del material consumido por el fuego (Ton/Há)

Los factores de emisión asociados a esta metodología son presentados en la Tabla 47, y fueron actualizados por última vez en octubre de 2004. Como se observa en la Tabla, estos factores de emisión dependen del tipo de vegetación que es afectada por el fuego del incendio, y varían levemente según la condición de humedad del material quemado.

Tabla 49. Factores de emisión (kg/Ton), según tipo y humedad de la vegetación quemada.

Tipo vegetación	PM10			PM2,5			CO			NOX		
	H	M	S	H	M	S	H	M	S	H	M	S
Desechos, madera 0-1 pulg.	4,2	4,2	4,2	3,6	3,6	3,6	23,8	23,8	23,8	3,7	3,7	3,7
Madera, 1-3 pulgadas	6,4	6,4	6,4	5,4	5,4	5,4	50,5	50,5	50,5	3,6	3,6	3,6
Madera, 3+ pulgadas	12,1	9,8	8,7	10,2	8,3	7,3	122,0	93,4	79,1	3,3	3,4	3,5
Hierba, arbustos	11,4	11,4	11,4	9,7	9,7	9,7	113,0	113,0	113,0	3,4	3,4	3,4
Hojarasca	12,8	13,8	13,8	10,8	11,7	11,7	130,9	143,4	143,4	3,3	3,2	3,2
Dosel	11,4	11,4	11,4	9,7	9,7	9,7	113,0	113,0	113,0	3,4	3,4	3,4
Tipo vegetación	SOx			NH ₃			CH ₄			TNMHC		
	H	M	S	H	M	S	H	M	S	H	M	S
Desechos, madera 0-1 pulg.	1,1	1,1	1,1	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,7	1,7	1,7

Madera, 1-3 pulgadas	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5	0,5	2,0	2,0	2,0	3,5	3,5	3,5
Madera, 3+ pulgadas	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	0,8	4,9	3,7	3,2	8,5	6,5	5,5
Hierba, arbustos	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	4,5	4,5	4,5	7,9	7,9	7,9
Hojarasca	1,0	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5	5,2	5,7	5,7	9,2	10,0	10,0
Dosel	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	4,5	4,5	4,5	7,9	7,9	7,9

Fuente: California Air Resources Board, 2004. Sección 9.3, Wildfire.

H: Húmedo; M: Moderado; S: Seco

Para lograr disminuir la incertidumbre en la determinación de los niveles de actividad, y la estimación de emisiones, la CARB ha perfeccionado sus metodologías específicas haciendo uso de los desarrollos tecnológicos disponibles. En el Estado de California, se utiliza un método de automatización basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). En términos generales, lo que se hace es superponer los perímetros identificados para cada evento o incendio, sobre las coberturas disponibles de la vegetación de la zona de estudio.

Los datos de actividad se obtienen de un shapefile de polígonos SIG proporcionados por el Departamento de Silvicultura y Protección de Incendios y el Programa de Evaluación de Recursos de California. Por otra parte, la CARB dispone de una base de datos actualizada con información relativa a los factores de carga correspondiente a la vegetación disponible en el Estado de California, la cual permite determinar las toneladas de combustible consumido por el fuego. De manera interna, el modelo aplica el factor de emisión correspondiente que permite estimar las emisiones generadas.

En la figura siguiente se muestra el perímetro afectado por un incendio forestal en el Estado de California, donde el fuego quemó dos tipos de vegetación, ya que una parte de la superficie estaba cubierta por un bosque de pino, y otro parte con una plantación de coníferas.

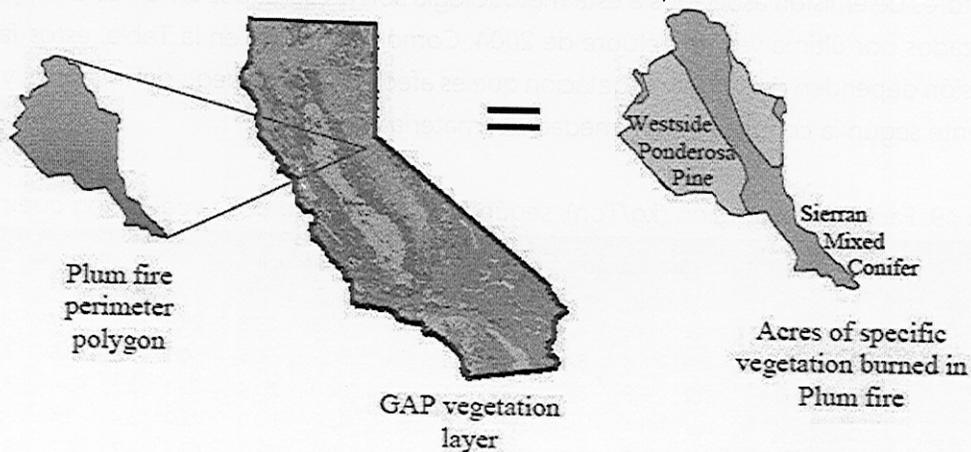


Figura 3. Ejemplo gráfico procedimiento para el cálculo de emisiones del sistema CARB, 2004.

Emission Inventory improvement Program, EPA, EE.UU.

El EIIP (EPA) utiliza una metodología de cálculo similar a la empleada por la CARB, basada en la Ecuación 20, consistente en la multiplicación de variables que identifican la superficie afectada por el incendio, la cantidad de combustible quemado y un F.E. representativo de este tipo de combustible quemado.

Para el EIIP, la correcta determinación de las cargas de combustible representa una variable crítica para la estimación de emisiones en áreas afectadas por incendios forestales, por lo que a través del cruce de esta información con otra que se encuentre disponible en relación a variables ambientales como: perfiles de viento, cambios de humedad y topografía, pueden contribuir a disminuir la incertidumbre en los resultados de estimación de emisiones obtenidos.

En base a esto, la metodología del EIIP busca establecer estos cruces de información, para determinar un Ranking Nacional de Clasificación de Peligro de Incendios, el cual considera 5 tipos de combustibles, que fueron seleccionados en base a criterios como la combustibilidad del material presente en el área, la respuesta de este material a la humedad, y la familia a la cual pertenecen, ya sean, herbáceas (gramíneas) o leñosas (árboles y arbustos).

Finalmente, los antecedentes metodológicos sugieren que para lograr una estimación de emisiones con baja incertidumbre, se requiere disponer de información detallada respecto de las variables que intervienen en el desarrollo de un incendio forestal, y que sirven de insumo para el cálculo.

2.6.2.2 Metodologías nacionales aplicadas

En general, los últimos inventarios desarrollados a nivel nacional han intentado aplicar las metodologías propuestas por la CARB, basada en la ecuación 20. Al igual que para quemas agrícolas, corresponde a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la función de fiscalizar, prevenir y controlar los incendios forestales, por lo cual dicha institución es quien lleva un registro de estos eventos, con antecedentes que van desde lo más general, a lo más particular, tal como la extensión de cada siniestro (en hectáreas consumidas), hasta la identificación de las especies consumidas por el fuego, para cada comuna.

De esta forma, y en función de la información que ha estado disponible, los inventarios desarrollados previamente en el país, han abordado la estimación de emisiones asociada a esta fuente, haciendo uso de la metodología y ecuación de cálculo que mejor se ajusta.

Tabla 50. Metodología y alternativa de cálculo utilizada en inventarios previos.

Alternativas	Ecuación de cálculo	Aplicaciones
Caso 1: Ecuación 19	$E = S \times FE_s$	Inventario de la RM, 2005 Inventario de Temuco y PLC, 2009

Caso 2: Ecuación 20	$E = S \times FE_m \times FC$	Inventario de Coyhaique, 2008 Inventario de Rancagua, 2006 Inventario de Chillán y Los Ángeles, 2005 Inventario de Gran Concepción, 2005 Inventario de Talca, 2005
---------------------	-------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.3 Factores de emisión y niveles de actividad

Considerando los antecedentes planteados, debido a que la información proporcionada por CONAF no presenta información por especie, para estimar las emisiones de la Comuna de Valdivia provenientes de incendios forestales, se utilizó el método y los factores de emisión propuestos por CONAMA –DICTUC (2007) detallados en la Tabla 50; junto con la información de superficies afectadas por incendios forestales proporcionadas por CONAF (Tabla 51).

Tabla 51. Factores de emisión utilizados.

Contaminante	Factores de emisión (Kg/ha)	Referencia
COV	420,00	CONAMA DICTUC 2007
CO	4367,93	
NOX	67,21	
MP	705,58	
NH ₃	2,69	

Tabla 52. Nivel de actividad para incendios forestales comuna de Valdivia, año 2013.

Ítem	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
Número de incendios	3	1	1	3	7	3	1	1	20
Superficie afectada (hectáreas)	7,50	1,51	0,35	1,27	1,35	10,69	0,70	0,20	23,57

Referencia: CONAF 2013.

2.6.2.4 Estimación de Emisiones

Con respecto al cálculo de las emisiones correspondientes a MP10 y MP2,5 se observa la falta de factores específicos, por lo cual fue necesario establecer la relación que existe entre estos contaminantes y el MP, dato que es proporcionado en el AP-4222 en su apartado referente a los residuos de madera, el cual menciona que un 90% de las emisiones de partículas totales corresponde a MP10, y el 76% corresponde a MP2,5.

Tabla 53. Emisiones generadas por incendios forestales comuna de Valdivia

Contaminante	Emisiones (Ton/año)
COV	9,9
CO	103,0
NOX	1,6
MP	16,6
MP10	15,0
MP2,5	12,6
NH ₃	0,1

2.6.3 CONSUMOS DE CIGARRILLOS

2.6.3.1 Estado del arte y metodología aplicada

La metodología a utilizar será la aplicada por CENMA el año 2009, y corresponde a la multiplicación del factor de emisión y el nivel de consumo en la población. El cálculo se realiza utilizando la siguiente ecuación.

$$E = Cv \times FE \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

C_N : Consumo de cigarrillos en la comuna de Valdivia (cigarrillos/año)

FE : Factor de emisión (mg/cigarrillos)

2.6.3.2 Factores de Emisión y nivel de actividad

A continuación se presentan los valores de los factores de emisión empleados en la estimación de emisiones para el consumo de cigarrillos, los que se encuentran publicados en el estudio "Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factor for Modelling Exposures of California Populations".

Tabla 54. Factores de emisión para cigarrillos

Contaminante	Factor de emisión (mg/cigarrillo)	Referencia
MP10	8,0	CARB 1995
NH ₃	5,2	CARB 1995

Para determinar el nivel de actividad, esto es, el consumo de cigarrillos en la comuna de Valdivia, es necesario conocer la prevalencia del consumo de cigarrillos en la Región, así como también el consumo promedio por persona. Esta información se obtuvo a partir de la I Encuesta Nacional de Salud, Año 2013, la cual establece la prevalencia del consumo de cigarrillos para

12 regiones del país, entre éstas no se encuentra la Región de Los Ríos, por lo que se utilizarán los resultados obtenidos para la Región de Los Lagos, por su cercanía geográfica, lo que pudiera ser representativo de la realidad de Valdivia. Se establece así, que la prevalencia de consumo es del 36,8% de la Población. Además, se indica que el consumo promedio a nivel nacional es de 8,1 cigarrillos por día por persona. Con estos datos se determinó un nivel de actividad de 139.703.165 cigarrillos/año en la ciudad de Valdivia.

2.6.3.3 Estimación de Emisiones

Mediante la metodología antes planteada, se realizó la estimación de emisiones, para los contaminantes que se presentan a continuación.

Tabla 55. Emisiones cigarrillos comuna de Valdivia

Contaminante	Factor de emisión (mg/cigarrillo)	Valdivia (Ton/año)
MP10	8	1,12
NH ₃	5,2	0,73

2.6.4 INCENDIOS URBANOS

2.6.4.1 Estado del Arte y metodología aplicada

Las emisiones generadas por los incendios urbanos son estimadas utilizando la metodología proveniente de "California Environmental Protection Agency, Carb, sección 7.14 Structure and Automobile Fires. Esta metodología considera el número de siniestros ocurridos durante el período de estudio.

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 22

Dónde:

- E : Emisiones del contaminante en estudio (ton/año)
- FE : Factor de emisión (kg/siniestros)
- NA : Nivel de actividad, definido en este caso por el número de siniestros ocurridos en un año (siniestro/año)

2.6.4.2 Factores de emisión y Nivel de Actividad

La tabla siguiente presenta los factores de emisión asociadas a las emisiones generadas durante un incendio urbano. En relación al nivel de actividad, no fue posible obtener la información de Bomberos, respecto a estadísticas de incendios generadas durante un año. Por lo tanto, para tener una aproximación del nivel de actividad en la Comuna de Valdivia, se utilizará como referencia el caso de la comuna de Temuco, en donde se registraron durante el año 2013, 446 incendios urbanos, este valor fue empleado en la Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013, desarrollado por SICAM Ingeniería y fue proporcionado por Bomberos de Temuco. Con dicho valor, se estableció un índice en relación proporcional al número de viviendas. Aun cuando es sabido que estos eventos son inesperados y no obedecen necesariamente a una relación lineal, se emplearán solo de manera referencial.

Tabla 56. Factores de emisión para incendios de Viviendas

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
COV	7,21	Lb/ incendio	CARB,1999
CO	21,25	Lb/ incendio	
NOx	0,7	Lb/ incendio	
SOx	0,05	Lb/ incendio	
MP	17	Lb/ incendio	

2.6.4.3 Estimación de Emisiones

Al igual que para el caso de la estimación de emisiones de incendios forestales, se asume que el 90% del MP corresponde a MP10 y el 76% corresponde a MP2,5.

Tabla 57. Factores de emisión para incendios de Viviendas

Contaminante	Factor de emisión (Ton/inc.)	NA (N° Incendios Estimado)	Emisión (ton/año)
COV	0,0033	229	0,7501
CO	0,0096		2,2107
NOx	0,0003		0,0728
SOx	0,0000		0,0052
MP10	0,0069		1,5917
MP2,5	0,0059		1,3441

2.7 ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

2.7.1 APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

2.7.1.1 Enfoque metodológico para inventario de Valdivia, año base 2013

La guía de elaboración y usos de inventario de emisiones de México, expone que la estimación de emisiones puede ser estimada usando un factor de emisión por tipo de fertilizante. Los niveles de actividad corresponden a los contenidos de nitrógenos en los fertilizantes y la cantidad anual de los fertilizantes aplicados.

La ecuación que establece las emisiones de amoníaco es la siguiente:

$$Emisiones f = U_{sof} \times \%N_f \times FE_f \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

- Emisiones f : Emisiones anuales totales de NH₃ para el fertilizante tipo f.
- U_{sof} : Uso anual total del fertilizante tipo f.
- %N_f : Contenido de nitrógeno del fertilizante tipo f.
- FE_f : Factor de emisión para el fertilizante tipo f.

2.7.1.2 Factores de emisión y Nivel de Actividad

Los factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones provenientes de la aplicación de fertilizantes, son los indicados por la EPA en el AP-42, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 58. Factores de emisión para aplicación de fertilizantes

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
NH ₃	183	g NH ₃ /Kg N aplicado	AP-42 EPA

El nivel de actividad está dado por la cantidad de nitrógeno aplicado a los cultivos en la zona de estudio. Para esto, se empleó como referencia el documento "Estudio de Diagnóstico de Mercado y Estudio de la Cadena de Comercialización de Fertilizantes en Chile", desarrollado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, año 2008, el cual representa la única fuente de información disponible para esta fuente.

En dicho documento se establece que para la Región de Los Ríos los tres principales fertilizantes son la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio, siendo por lo tanto, la principal fuente de nitrógeno la Urea. Luego, se indican las dosis de fertilizante para los principales tipos de cultivo existentes en la Región de Los Ríos y de acuerdo al rendimiento del

mismo. Con esta información se calculó la demanda de fertilizante para la comuna de Valdivia, mediante la superficie por tipo de cultivo, obtenida del Censo Agropecuario.

Tabla 59. Dosis de fertilizante por tipo y rendimiento de cultivo comuna de Valdivia

Tipo Cultivo	Sup. (Ha/año)	Fertilización según rendimiento del cultivo (Kg N/Ha)		
		25%	50%	25%
Trigo	203,3	90	120	150
Avena	44	72	96	25
Cebada	30	72	96	25
Total Cereales	277,30			

Tabla 60. Demanda de fertilizante en la comuna de Valdivia

Tipo Cultivo	Sup (Ha/año)	Aplicación de N (kg N/año)			
		25%	50%	25%	Total
Trigo	203,3	4.574	12.198	7.624	24.396
Avena	44	792	2112	275	3179
Cebada	30	540	1440	187,5	2167,5
Total Cereales	277,30	5.906,25	15.750,00	8.086,25	29.742,5

De esta manera se establece que la demanda en la comuna de Valdivia es de 29.742,5 kg N/año, equivalente a 66.094 kg Urea.

2.7.1.3 Estimación de Emisiones

Con los antecedentes presentados se realizó la estimación de emisiones de NH₃ provenientes de la aplicación de fertilizantes para la comuna de Valdivia, las que se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 61. Emisiones provenientes de aplicación de fertilizantes por tipo de Cultivo (Ton/Año)

Tipo de Cultivo	FE (Ton NH ₃ /KG N)	NA (Kg N Aplicado/año)	Emisión (Ton NH ₃ /año)
Trigo	0,00018	24.396,00	4,46
Avena		3.179,00	0,58
Cebada		2.167,50	0,40
Total Cereales		29.742,50	5,44

Tabla 62. Emisiones provenientes de aplicación de fertilizantes (Ton/Año)

Compuesto	FE (Ton NH ₃ /KG N)	NA (Kg N Aplicado/año)	Emisión (Ton NH ₃ /año)
NH ₃	0,00018	29.742,50	5,44

2.7.2 LABRANZA AGRÍCOLA

Esta categoría involucra las siguientes fuentes contaminantes: Aplicación de fertilizantes (NH₃), Procesos microbiales en el suelo (NO), proceso de cultivo (NH₃ and NMVOCs), cultivo del suelo y cosecha (MP)¹⁵.

2.7.2.1 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

Para estimar las emisiones de generadas por labranza agrícola, se utiliza la ecuación derivada de CARB. La cual involucra Emisiones anuales del tipo de cultivo, Factor de emisión, Superficie del tipo de cultivo y Operaciones por acre del cultivo tipo

Para estimar las emisiones producto de la labranza agrícola se requiere conocer el área agrícola cultivada en las diferentes comunas y la identificación de las principales operaciones por tipos de cultivos.

Se describen los métodos para estimar las emisiones de NH₃ , NO, COVNM y MP de la producción de cultivos y suelos agrícolas .

Las estimaciones de NH₃, provenientes de las actividades de fertilización de los terrenos agrícolas fueron estimadas en el punto anterior.

Para la estimación de COVNM y MP provenientes de la producción de cultivos y la agricultura suelos utiliza la ecuación general

$$E = FE \times NA$$

Ecuación 24

Dónde:

E : Emisiones del contaminante en estudio (kg/año)

FE : Factor de emisión (kg/Ha año)

NA : Nivel de actividad, área cubierta por el cultivo (Ha)

Es importante señalar que las emisiones de MP calculados aquí están destinadas a reflejar los montos encontrados adyacentes a las operaciones de campo. Una proporción sustancial de esta emisión será normalmente depositada dentro de una corta distancia de la ubicación en la que se genera.

¹⁵ EMEP/EEA 2013 emission inventory guidebook 3 agriculture 3.D Crop production and agricultural soils

2.7.2.2 Factores de Emisión y nivel de actividad

Factores de emisión para estimar emisiones en labranza agrícola se detallan a continuación:

Tabla 63. Factores emisión asociados a labranza agrícola

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
COVNM	0,86	Kg/Ha	König et al. (1995),
PM10	1,56	Kg/Ha	Van der Hoek & Hinz (2007)
PM2,5	0,06	Kg/Ha	Van der Hoek & Hinz (2007)

Los niveles de actividad están dados por la superficie de los distintos tipos de cultivo en la comuna de Valdivia, lo cual fue obtenido del Censo Agropecuario del INE.

Tabla 64. Factores emisión asociados a labranza agrícola

Tipo Cultivo	Superficie (Ha/año)
Cereales y Chacras	277,30
Industriales	32,00
Hortalizas	71,62
Frutales	330,90
Plantas Forrajeras	1.288,50
Leguminosas y Tubérculos	80,60
Total	2.080,92

2.7.2.3 Estimación de emisiones

Para estimar las emisiones producidas por concepto de labranza agrícola, primero se determina el nivel de actividad, esto dado por las hectáreas plantadas para los distintos cultivos en la zona de estudio. Estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 65. Superficie regional por tipo de cultivo

Tipo Cultivo	FE (Ton/Ha)			Estimación de emisiones (Ton/año)		
	COVNM	MP10	MP2,5	COVNM	MP10	MP2,5
Cereales y Chacras	0,00086	0,00156	0,00006	0,23848	0,43259	0,01664
Industriales				0,02752	0,04992	0,00192
Hortalizas				0,06159	0,11173	0,00430
Frutales				0,28457	0,51620	0,01985
Plantas Forrajeras				1,10811	2,01006	0,07731
Leguminosas y Tubérculos				0,06932	0,12574	0,00484
Total				1,79	3,25	0,12

2.7.3 CRIANZA ANIMAL

2.7.4 Revisión del estado del arte y metodología aplicada

En general, las emisiones de amoniaco asociadas a la crianza de animales provienen de 4 actividades: alojamiento de animales, almacenaje de estiércol, pastoreos (ruminantes y equinos) y aplicación de estiércol sobre el suelo. Las variables anteriores dependen del nivel de actividad de la región o comunas analizadas.

A continuación se presenta la expresión general para estimar las emisiones anuales de NH₃

$$E_{NH_3} = FE_{NH_3} \times N_{anim} = 1,21 \times FE_{NH_3-N} \times N_{anim} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

E_{NH_3} : Emisión anual de amoniaco (Ton/año).

FE_{NH_3} : Factor de emisión de amoniaco (Ton/animal/año).

FE_{NH_3-N} : Factor de emisión nitrógeno amoniacal (Ton/animal/año)

N_{anim} : Cantidad de animales

2.7.4.1 Factores de Emisión y niveles de actividad

Los factores de emisión se deben estimar de acuerdo a la actividad y al animal involucrado, como se explica a continuación

Tabla 66. Método de obtención del Factor de Emisión

Categoría animal	Ecuación para el cálculo del Factor de Emisión
Cerdos y Aves	Ec. 26 Alojamiento Ec. 28 Aplicación al suelo Ec. 30 Pastoreo
Bovinos, Ovinos, caprinos, camélidos y equinos: "Otros Animales"	Ec. 27 Alojamiento Ec. 29 Aplicación al suelo Ec. 31 Pastoreo

Alojamiento:

Cerdos y Aves $FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorCxFactorF} + \text{FactorDxFactorG}}{1000} \times 365 \times 0,5$ Ecuación 26

Otros Animales $FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorCxFactorF} + \text{FactorDxFactorG}}{1000} \times 365$ Ecuación 27

Aplicación al suelo:

Cerdos y Aves $FE_{NH_3-N} = \frac{FactorI}{1000} [Nex_{in} - (FactorCxFactorF + FactorGxFactorC)x365x05]$ Ecuación 28

Donde: $Nex_{in} = Nex \times FactorC$

Otros Animales $FE_{NH_3-N} = \frac{FactorI}{1000} [Nex_{in} - (FactorCxFactorF + FactorGxFactorD)x365]$ Ecuación 29

Donde: $Nex_{in} = Nex \times \left[\frac{FactorC+FactorD \times FactorE}{FactorC+FactorE(1-FactorC)} \right]$

Pastoreo:

Cerdos y Aves $FE_{NH_3-N} = \frac{FactorH}{1000} \times Nex \times (1 - FactorC)$ Ecuación 30

Otros Animales $FE_{NH_3-N} = \frac{FactorH}{1000} \times Nex \times \left[1 - \frac{FactorC + FactorD \times FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$ Ecuación 31

Los valores de los Factores C, D, E, F, G, H, I y de Nex dependen del tipo de animal. El significado de estas variables es el siguiente:

Factor C : Representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de invierno.

Factor D : Representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de verano.

Factor E: : Representa la diferencia entre las dietas con respecto al valor proteico.

Factor F : Representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época invernal.

Factor G: : Representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época estival.

Factor H: : Representa la fracción de nitrógeno excretado en las fecas y orina que se transforma en NH₃, proveniente del pastoreo.

Factor I: : Representa una fracción del nitrógeno aplicado como estiércol al suelo que se transforma en NH₃. Está asociado al total de nitrógeno aplicado en forma sólida y líquida.

Nex : Representa la excreción de nitrógeno en las diferentes categorías de animales.

Tabla 67. Factores para el cálculo del Factor de Emisión para distintos tipos de animales

Categoría	Factor C	Factor D	Factor E	Factor F ¹	Factor G ¹	Factor H	Factor I	Nex ²
Bovinos	0,50	0,50	1,00	0,04493	0,05869	0,080	0,220	59,540
Cerdos	1,00	0,00	0,00	0,01441	0,01441	0,000	0,140	14,730
Ovinos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Caprinos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Camélidos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Equinos	0,08	0,00	1,00	0,02423	0,02423	0,046	0,220	50,000

Fuente: INIA 1998; ¹Unidades en Kg/animal/día; ²unidades en Kg/animal/año.

Con la información entregada se calcularon los factores de emisión por tipo de animal y tipo de actividad de crianza, para el contaminante NH₃, los cuales se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 68. Factores de emisión por categoría animal

Categoría Animal	FE _{NH3} (Ton/animal/año)			
	Alojamiento	Aplicación Suelo	Pastoreo	Total
Bovinos	0,0156	0,0074	0,0000	0,0230
Cerdos	0,0022	0,0011	0,0020	0,0052
Ovinos	0,0001	0,0001	0,0004	0,0007
Caprinos	0,0001	0,0001	0,0004	0,0007
Camélidos	0,0001	0,0001	0,0004	0,0007
Equinos	0,0006	0,0006	0,0017	0,0029

En la tabla 69 se observan los niveles de actividad utilizados para estimar las emisiones de NH₃ para crianza de animales utilizando la metodología antes descrita.

Tabla 69. Niveles de actividad crianza animal

Categoría animal	Bovinos	Cerdos	Ovinos	Caprinos	Camélidos	Equinos	Referencia
N° de Animales	14.800	1.010	5.420	263	186	584	INE 2013

2.7.4.2 Cálculo de emisiones

Con los antecedentes presentados se realizó el cálculo para obtener las emisiones provenientes de la crianza animal y sus distintas actividades, las que se presentan a continuación.

Tabla 70. Cálculo de emisiones NH₃ crianza de animales comuna de Valdivia

Categoría Animal	FE (Ton NH ₃ /animal/año)	NA (n° Animales)	Emisiones (Ton NH ₃ /año)
Bovinos	0,0230	14.800	340,63
Cerdos	0,0052	1.010	5,29
Ovinos	0,0007	5.420	3,81
Caprinos	0,0007	263	0,19
Camélidos	0,0007	186	0,13
Equinos	0,0029	584	1,71
Total		22.263	351,77

2.8 CONSTRUCCIONES Y DEMOLICIONES

Las operaciones que se encuentran comúnmente en las actividades de movimiento de tierra, excavación y demolición incluyen¹⁶:

- Limpieza del terreno
- Perforación y explosiones;
- Corte y operaciones de relleno;
- Almacenamiento y manipulación de materiales
- El tráfico de camiones en superficies no pavimentadas

2.8.1 Revisión del estado de arte y metodología aplicada

La metodología para la estimación de emisiones se basa en un factor de emisión, en el tiempo en que demora la realización de la obra y en la superficie de terreno intervenida tal como lo plantea la metodología internacional de la CARB, cuyo enfoque ha sido aplicado en otros inventarios desarrollados a nivel nacional, por lo que será empleado además para el desarrollo del presente inventario.

$$E_i = A \times TXFE$$

Ecuación 32

Donde:

- E_i : Emisiones del contaminante i (kg/año)
 A : Área intervenida en la construcción (m²)

¹⁶ National pollutant inventory emission estimation technique manual for fugitive emissions version 2.0 january 2012 Australia government

T : Tiempo de duración de la obra (mes)
 FE : Factor de emisión del contaminante i [kg/m²-mes]

2.8.2 Factores de emisión y niveles de actividad.

Factores de emisión para estimar las emisiones en actividades de Construcción de Edificios a utilizar se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 71. Factores emisión asociados a construcción de edificaciones.

Compuesto	Factor de Emisión	Unidad	Referencia
PM10	0,0247	kg/m ² -mes	CARB (2002)
PTS	0,0504	kg/m ² -mes	CARB (2002)

En este caso particular, los niveles de actividad están dados por el número, longitud y superficies edificadas¹⁷, el cual se obtiene del anuario de edificaciones comunales correspondiente al año 2013 del INE. Para la elaboración del presente inventario se contó con la información a nivel Regional, por lo que para obtener el nivel de actividad a nivel comunal se empleó el factor de participación Comuna/Región, que es de 0,41.

Tabla 72. Nivel de actividad asociado a la construcción

Año calendario 2013	Superficie Regional (m ²)	Factor de participación comuna Valdivia	Superficie Comuna Valdivia (m ²)	A x T
Viviendas	167.641	0,41	69.200	415.200
Industria, comercio y est. financieros (m ²)	74.379		30.703	337.729
Servicios (m ²)	43.395		17.913	197.042
Total	285.415		117.816	949.971

Para el tiempo de duración de las obras, se consideraron los datos proporcionados por CONAMA – Ambiosis S.A. – DICTUC S.A. – SMHI – Apertum IT AB (2009), que contempla una duración promedio de las obras de 6 meses para la construcción de viviendas y 11 meses para el sector de comercio y servicios.

Tabla 73. Tiempo estimado duración de obras.

Obra	Duración Obras	Referencia
Viviendas	6 meses	SINCA 2009
Industria, comercio y establecimientos financieros	11 meses	SINCA 2009

¹⁷ CARB, Sección 7.7 "Building Construction Dust" Revised September 2002

2.8.3 Estimación de emisiones

Para el desarrollo de las estimaciones fue necesario conocer el área intervenida en la comuna de Valdivia, que se obtuvo a través de información del INE (2013). La información disponible contempla los siguientes tipos de construcción: viviendas, edificios, industria, comercio y establecimientos financieros y servicios.

Tabla 74. Tiempo estimado duración de obras.

Tipo Construcción	FE (Kg/m ² -mes)	Emisiones (Ton/año)
Viviendas	0,0247	10,26
Industria, comercio y est. financieros (m ²)		8,34
Servicios (m ²)		4,87
Total		23,46

2.9 POLVO RESUSPENDIDO

Para el cálculo de las emisiones proveniente de la resuspensión de polvo en calles fue entregado por la contraparte. Dichas emisiones fueron calculadas junto con las fuentes móviles en el marco de la actualización de la información del RETC, año 2014. Las emisiones se presentan a continuación en la tabla siguiente.

Tabla 75. Emisiones provenientes del polvo Resuspendido (Ton/año)

Fuentes	MP10	MP2,5
Polvo Resuspendido	238,64	34,24

3 RESUMEN FUNTES DE ÁREA: OTRAS

A continuación se presenta el resumen de las emisiones de las fuentes de área calculadas en el presente capítulo.

Tabla 76. Estimación de emisiones de fuentes de área.

FUENTES DE EMISIÓN		CONTAMINANTES (Ton/año)						
		MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SO ₂	NH ₃
1. FUENTES DE COMBUSTIÓN EXTERNA - (GLP) Y KEROSENE		0,08	0,06	0,34	1,22	0,05	2,89	
2. FUENTES EVAPORATIVAS RESIDENCIALES	2.1 SOLVENTES DE USO DOMÉSTICO					521,06		
	2.2 PINTURA ARQUITECTÓNICA					223,83		
	2.3 USO DE ADHESIVOS					436,62		
	2.4 EMISIONES RESIDENCIALES DE NH ₃							50,47
	2.5 FUGAS RESIDENCIALES DE GLP					260,75		
3. FUENTES EVAPORATIVAS COMERCIALES	3.1 DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE					106,50		
	3.2 LAVASECOS					8,58		
	3.3 PINTURA INDUSTRIAL (VEHÍCULOS)					23,04		
	3.4 APLICACIÓN DE ASFALTO					0,04		
	3.5 FUGAS COMERCIALES DE GLP					17,08		
4. RESTAURANTES	2,26	2,26	0,33	0,41		0,004		
5. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	5.1 EMISIONES DESDE VERTEDEROS	0,41		18,44	1,00			
	5.2 P.T. AGUAS SERVIDAS					0,13		28,87
6. QUEMAS	6.1 QUEMAS AGRÍCOLAS	6,46	6,17	68,69	2,30	4,56	0,41	
	6.2 INCENDIOS FORESTALES	14,97	12,64	102,95	1,58	9,90		0,06
	6.4 CONSUMOS DE CIGARRILLOS	1,12						0,73
	6.5 INCENDIOS URBANOS	1,59	1,34	2,21	0,07	0,75	0,01	
7. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	7.1 APLICACIÓN DE FERTILIZANTES							5,44
	7.2 LABRANZA AGRÍCOLA	3,25	0,12			1,79		
	7.3 CRIANZA ANIMAL							351,77
8. CONSTRUCCIONES Y DEMOLICIONES		23,46						
9. POLVO RESUSPENDIDO		238,64	34,24					
TOTAL		292,24	56,83	192,95	6,59	1.614,68	3,31	437,34

En las siguientes figuras se presenta una comparación del aporte porcentual de cada fuente a la emisión de material particulado considerando el polvo resuspendido (figura 4) el cual representa el mayor aporte tanto para MP10 como para MP2,5.

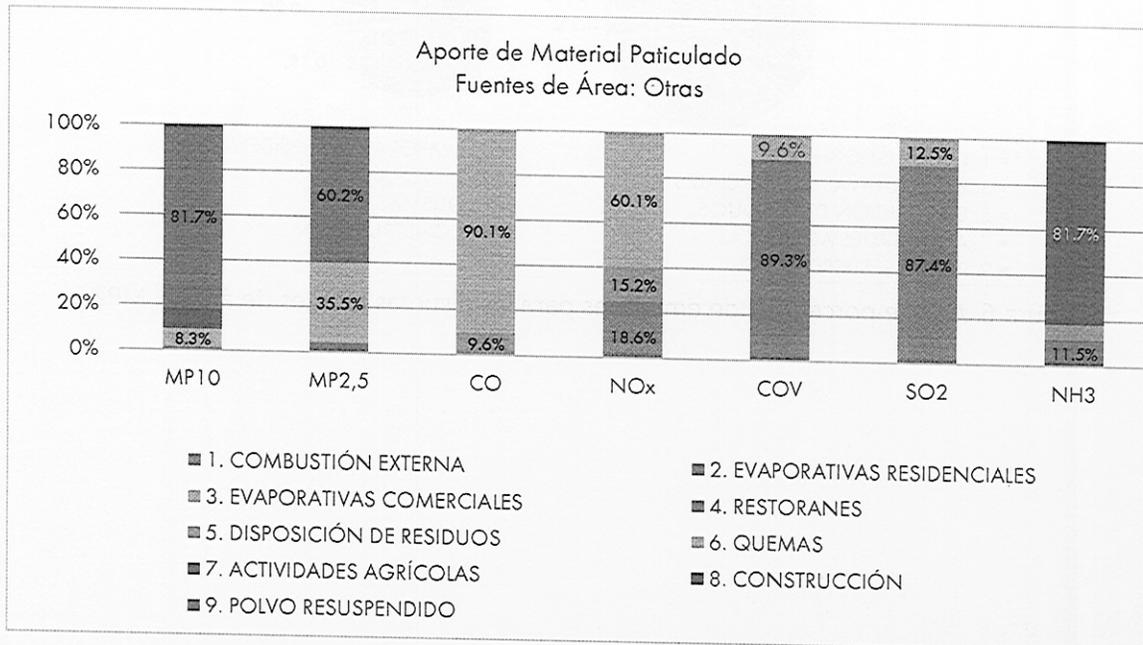


Figura 4. Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área

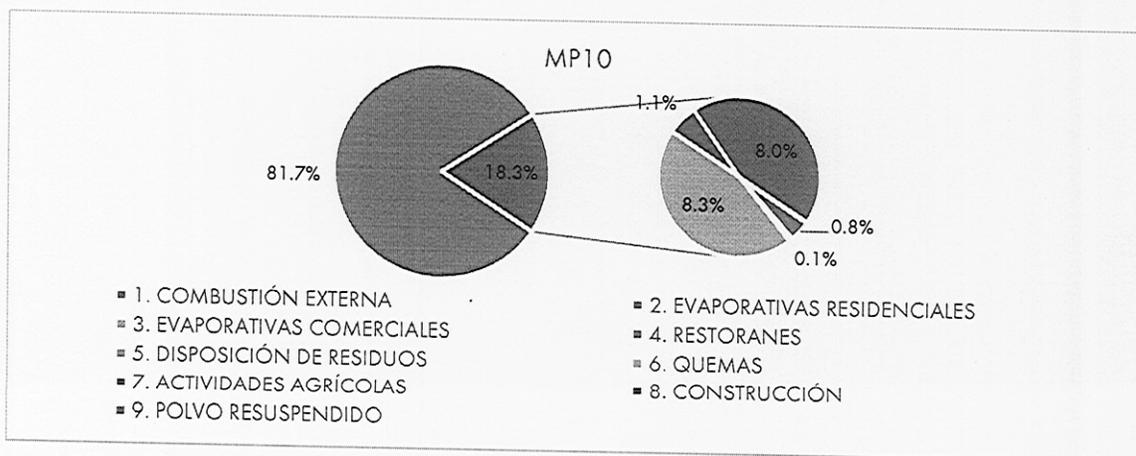


Figura 5. Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área al MP10

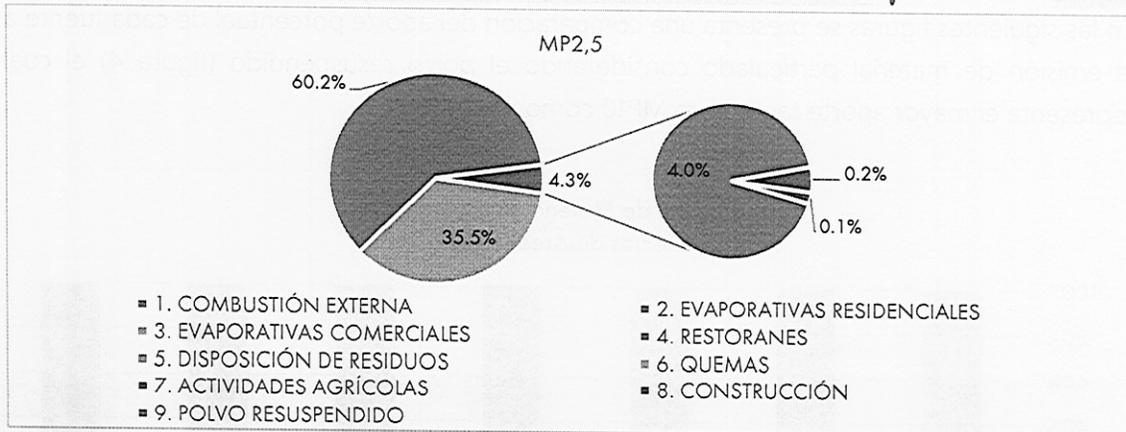


Figura 6. Aporte porcentual de emisiones para las distintas fuentes de área al MP2,5

4 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados consolidados de emisiones de las fuentes de área se tiene que existe un importante aporte de emisiones de COVs, vinculado principalmente a las fuentes evaporativas residenciales (89,3%), seguido de las actividades comerciales (9,3%).
- Las emisiones de MP, están vinculadas mayoritariamente al polvo resuspendido (81,7%), seguido de las fuentes asociadas a incendios forestales y quemas agrícolas (8,3%). Siendo en este caso importante el perfil temporal de las emisiones, puesto que el polvo resuspendido se considera como una fuente continua y las quemas presentan una marcada estacionalidad.
- Las Emisiones de amoniaco, son dependientes en gran medida de las actividades agrícolas (81,7%) siendo muy relevante la crianza animal dentro del rubro, le siguen las fuentes evaporativas residenciales con un 11,5% de participación.
- Dentro de las fuentes de combustión residencial, se tiene una emisión de 0,08 ton/año de MP10, evidenciándose el bajo aporte del combustible kerosene y gas en la comuna de Valdivia.
- Las Fuentes asociadas a restaurantes y asadurías, si bien presentan una emisión que aporta menos del 1% de las fuentes de área, se consideran de las fuentes importantes dentro de las fuentes de área.

1647

1647

AV

De acuerdo a los resultados consolidados de emisiones de las fuentes de área se tiene que existe un importante aporte de emisiones de CO₂ vinculado principalmente a las fuentes exportadoras (89,3%), seguido de las actividades comerciales (8,3%).

Las emisiones de VP, están vinculadas mayoritariamente al polvo resuspendido (81,7%), seguido de las fuentes asociadas a incendios forestales y quemaduras agrícolas (8,3%). Siendo en este caso importante el perfil temporal de las emisiones, puesto que el polvo resuspendido se comporta como una fuente continua y las quemaduras presentan una marcada estacionalidad.

Las emisiones de amoníaco, son dependientes en gran medida de las actividades agrícolas (87,7%). Siendo muy relevante la carga animal dentro del rubro, le siguen las fuentes exportadoras residuales con un 12,2% de participación.

Dentro de las fuentes de combustión residencial, se tiene una emisión de 0,08 toneladas al día, destacándose el bajo aporte del combustible keroseno y gas en la comuna de Valdivia.

Las fuentes asociadas a vehículos y maquinaria si bien presentan una emisión que aporta menos del 1% de las fuentes de área, se concentran de las fuentes importantes dentro de las fuentes de área.