

**“ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA
REGIÓN METROPOLITANA 2005”**

INFORME : FINAL

FECHA : 15 DE MAYO DE 2007

**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN METROPOLITANA**

| | |
|--|--|
| 1. Tipo Informe Informe técnico | 2. Cuerpo del Informe 281 hojas (incluye portada) |
| 3. Título del Proyecto “Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana” | 4. Fecha Informe 15/05/2006 |
| 5. Autor (es) Jefe de Proyecto: Jaime Escobar M. Equipo de Trabajo: - Cecilia Fernald (experta en mediciones) - Juan Carlos Bordones (experto en inventarios) - Héctor Jorquera (experto en modelación) - Claudia Pfeng (experta inv. emisiones de ftes. móviles y areales) - Bernardo Bollmann (experto en emisiones vehiculares) - Nancy Maragaño (especialista en mediciones, Ayrón) - Rainer Schmitz (asesor modelación y validación) - Pia Daroch (experta MODEM/SAIE) - Julio Castro (experto modelos meteorológicos) - Alvaro Espejo (ayudante modelación) - Rodrigo Palacios (ayudante inventarios) - Marcelo Ubilla (ayudante inventarios) - Marco Miranda (programador 1) - Hugo García (programador 2) | 6. Contrato S/N del 22/08/2006 |
| 6. Nombre y Dirección de la Organización Investigadora DICTUC; Pontificia Universidad Católica de Chile Vicuña Mackenna N° 4860, Casilla 306 – Correo 22, Macul – Santiago, www.solucionesambientales.cl | 7. Período de Investigación 22/08/2006 al 15/05/2006 |
| 8. Antecedentes de la Institución Mandante Nombre :Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana Dirección: Moneda 970 Piso 12, Santiago RUT: 72443600-5 Teléfono: 56-2-6713052 | 9. Contraparte Técnica Responsables: Marcelo Fernández Claudia Blanco Contrapartes Técnicas: Cecilia Barrios Carmen Contreras Jaime Román Nancy Manríquez Roberto Condori Pablo Salgado Claudio Bonacic Carlos González Rubén Triviño Roberto Martínez Iván Jaques José L. Alvarez Organismos Responsables: -Comisión Nacional de Medio Ambiente, Región Metropolitana de Santiago -Comisión Nacional de Medio Ambiente -Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región Metrop. -Transantiago -Subsecretaría de Transportes -Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte |
| 10. Resumen El presente Informe, corresponde al Informe Final del Estudio: “ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA”, celebrado entre Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana y DICTUC S.A. | |

Sr. Jaime Escobar Melero
Jefe de Proyecto

Sr. Jaime Retamal Pinto
Gerente General

Nota: “La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de Dictuc S.A.”

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

2

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.1.1 | <i>Objetivos Generales.....</i> | 5 |
| 1.1.2 | <i>Objetivos Específicos.....</i> | 5 |
| 1.2 | JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... | 7 |
| 1.3 | ENTENDIMIENTO DE LA SITUACIÓN..... | 9 |
| 2 | METODOLOGÍA..... | 12 |
| 2.1 | METODOLOGÍA DEL ESTUDIO..... | 12 |
| 2.2 | METODOLOGÍA GENERAL PARA EL DESARROLLO DE INVENTARIOS..... | 13 |
| 2.3 | METODOLOGÍA SAIE..... | 15 |
| 2.3.1 | <i>Proyección de emisiones.....</i> | 17 |
| 2.4 | METODOLOGÍA MODEM..... | 18 |
| 2.4.1 | <i>Características del sistema MODEM operado por DICTUC.....</i> | 18 |
| 2.4.2 | <i>Proyección de emisiones.....</i> | 20 |
| 4 | RECOPIACION DE ANTECEDENTES METODOLOGICOS DE FUENTES EMISORAS..... | 21 |
| 4.1 | RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES DE ESTUDIOS ANTERIORES DE INVENTARIOS DE EMISIONES EN LA RM..... | 21 |
| 4.1.1 | <i>Fuentes móviles en ruta.....</i> | 21 |
| 4.1.2 | <i>Fuentes areales y fuentes de polvo fugitivo.....</i> | 22 |
| 5 | DESARROLLO DE INVENTARIOS DE EMISIONES..... | 24 |
| 5.1 | FUENTES MÓVILES EN RUTA..... | 24 |
| 5.1.1 | <i>Metodología general de cálculo de emisiones vehiculares.....</i> | 24 |
| 5.1.2 | <i>Metodologías específicas de cálculo de emisiones vehiculares.....</i> | 31 |
| 5.1.3 | <i>Zonificación y Categorización Vial.....</i> | 37 |
| 5.1.4 | <i>Factores de emisión de fuentes móviles en ruta.....</i> | 42 |
| 5.1.5 | <i>Emisiones de CO₂ y SO₂.....</i> | 53 |
| 5.1.6 | <i>Corrección de factores de emisión.....</i> | 54 |
| 5.1.7 | <i>Cálculo de emisiones.....</i> | 57 |
| 5.2 | FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS..... | 66 |
| 5.2.1 | <i>Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión.....</i> | 66 |
| 5.2.2 | <i>Nivel de actividad.....</i> | 67 |
| 5.2.3 | <i>Cálculo de emisiones.....</i> | 67 |
| 5.3 | FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA..... | 70 |
| 5.3.1 | <i>Maquinarias y aeronaves en aeropuertos.....</i> | 70 |
| 5.3.2 | <i>Maquinaria Vehicular.....</i> | 83 |
| 5.4 | FUENTES AREALES..... | 96 |
| 5.4.1 | <i>Fuentes Residenciales.....</i> | 96 |
| 5.4.2 | <i>Otras Fuentes.....</i> | 116 |
| 5.5 | FUENTES DE POLVO FUGITIVO..... | 144 |
| 5.5.1 | <i>Construcción y Demolición.....</i> | 144 |
| 5.5.2 | <i>Polvo Resuspendido.....</i> | 154 |
| 5.5.3 | <i>Preparación de Terrenos Agrícolas.....</i> | 162 |
| 5.6 | FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES..... | 167 |
| 5.6.1 | <i>Introducción.....</i> | 167 |
| 5.6.2 | <i>Resumen de Actividades.....</i> | 167 |
| 5.6.3 | <i>Resultados inventario 2005.....</i> | 182 |
| 6 | COMPARACIÓN DEL INVENTARIO 2005 CON EL INVENTARIO PPDA 2000..... | 187 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7 | RESULTADOS DEL INVENTARIO 2005 | 192 |
| 7.1 | INVENTARIO 2005 ANUAL..... | 195 |
| 7.2 | INVENTARIO 2005 PARA GEC | 198 |
| 7.3 | INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 ANUAL..... | 200 |
| 7.4 | INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 PARA GEC | 202 |
| 7.5 | COMPARACION DE RESULTADOS | 204 |
| 7.5.1 | <i>Comparación de los Inventarios 2005 y de Diseño para fuentes fijas</i> | <i>204</i> |
| 7.5.2 | <i>Comparación de los Inventarios 2005 y de Diseño para fuentes móviles.....</i> | <i>204</i> |
| 7.5.3 | <i>Análisis del Inventario 2005 de fuentes areales.....</i> | <i>205</i> |
| 7.5.4 | <i>Crecimiento de las emisiones de fuentes fijas en periodo 2000-2005.....</i> | <i>205</i> |
| 7.5.5 | <i>Comparación escenario 2005 anual y escenario 2005 de gestión de episodios críticos (GEC)..</i> | <i>206</i> |
| 8 | ANEXO I. LISTADO DETALLADO DE LOS INVENTARIOS 2005 Y 2005 DE DISEÑO. | 208 |
| 8.1 | INVENTARIO 2005 ANUAL | 208 |
| 8.2 | INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 ANUAL..... | 223 |
| 9 | ANEXO II. COMPARACION FACTORES DE EMISION 2000 PPDA – INVENTARIO 2005 | 236 |
| 9.1 | FUENTES MOVILES | 237 |
| 9.1.1 | <i>Vehículos livianos particulares y comerciales.....</i> | <i>237</i> |
| 9.1.2 | <i>Camiones.....</i> | <i>240</i> |
| 9.1.3 | <i>Buses</i> | <i>246</i> |
| 9.1.4 | <i>Motocicletas.....</i> | <i>249</i> |
| 9.1.5 | <i>Emisiones Evaporativas de Vehículos.....</i> | <i>252</i> |
| 9.1.6 | <i>Desgaste de Frenos y Neumaticos.....</i> | <i>253</i> |
| 9.1.7 | <i>Maquinaria Agrícola.....</i> | <i>253</i> |
| 9.2 | FUENTES AREALES | 254 |
| 9.2.1 | <i>Emisiones de Polvo Fugitivo.....</i> | <i>254</i> |
| 9.2.2 | <i>Actividades de Construcción.....</i> | <i>255</i> |
| 9.2.3 | <i>Combustión Residencial.....</i> | <i>256</i> |
| 9.2.4 | <i>Fugas de GLP</i> | <i>257</i> |
| 9.2.5 | <i>Incendios</i> | <i>257</i> |
| 9.2.6 | <i>Emisiones Residenciales</i> | <i>258</i> |
| 9.2.7 | <i>Consumo de Cigarrillos</i> | <i>258</i> |
| 9.2.8 | <i>Pinturas.....</i> | <i>258</i> |
| 9.2.9 | <i>Adhesivos en Construcción de Edificios.....</i> | <i>259</i> |
| 9.2.10 | <i>Tratamiento de Aguas Servidas.....</i> | <i>259</i> |
| 9.2.11 | <i>Crianza de Animales.....</i> | <i>259</i> |
| 10 | ANEXO III. RESUMEN DE MEDICIONES FUENTES FIJAS 2006 | 261 |
| 11 | ANEXO IV. LISTADO DE CATEGORÍAS VEHICULARES EN MODEM Y SU DESCRIPCIÓN | 270 |
| 12 | ANEXO V. FACTORES DE EMISIÓN VEHÍCULOS LIVIANOS CON DETERIORO PARA | |
| | ESCENARIO 2005..... | 280 |

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio “ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA”, desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA RM.

A continuación se listan los objetivos generales y específicos considerados en los TdR del presente Estudio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Generales

Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de MP10, MP2.5, CO, NOx, SO2 para una base temporal correspondiente al año 2005, y de las metodologías empleadas para la estimación de las emisiones actualmente disponibles.

Desarrollo de un inventario 2010 proyectado a partir de los resultados obtenidos para el inventario 2005, que considere las medidas actualmente definidas, así como el crecimiento normal de las actividades en la Región Metropolitana.

Para alcanzar adecuadamente el objetivo general del presente estudio se plantean los siguientes objetivos específicos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1:

Revisión de las metodologías utilizadas para la generación del inventario de emisiones para el año 2000 de CONAMA Metropolitana, actualizarlas de acuerdo al estado del arte actual en el desarrollo de inventarios y recopilar los factores de emisión más actualizados disponibles, privilegiando aquellos que correspondan a mediciones realizadas en la Región Metropolitana.

Objetivo Específico 2:

Recopilación de todos los datos correspondientes a los niveles de actividad disponibles para el año 2005 y Actualización del inventario de emisiones para MP10, MP2,5, CO, NOx, SO2 disponible para la Región Metropolitana, que considere la especiación química y por tamaño del material particulado, que incluya al menos las siguientes fuentes:

- Estacionarias puntuales (combustión, procesos y emisiones fugitivas)
- Estacionarias de área (residencial, comercial, quemas, residuos y biogénicas)
- Fuentes móviles en ruta, incluyendo la infraestructura relacionada en el caso de transporte público y que consideren la red urbana del Gran Santiago, red interurbana y otros sectores urbanos de la región.

- Fuentes Móviles fuera de ruta (maquinaria agrícola, de construcción e industrial, aeropuertos, etc.)

El universo de fuentes emisoras que aportan a la fracción gruesa del material particulado (construcción, producción transporte y procesamiento de áridos, actividades agrícolas, polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas, etc.)

Objetivo Específico 3:

Desarrollo de inventario de emisiones 2010 proyectado a partir del inventario 2005, que considere la implementación de todas las medidas y estrategias de control de emisiones que se hayan ejecutado a esa fecha, acordadas previamente con la contraparte técnica del estudio.

Objetivo Específico 4:

Diseño y ejecución de una campaña de medición de gases a nivel industrial para fuentes caracterizadas como grandes emisores (nuevos y existentes) que contemple la medición de al menos 30 fuentes. Determinación del impacto en emisiones que ha tenido la crisis de suministro de gas natural en la industria, para implementar las correcciones necesarias en los inventarios.

Objetivo Específico 5:

Validación de ambos Inventarios de Emisiones (2005 y 2010) mediante el uso de herramientas de modelación de dispersión de contaminantes disponibles en la Región Metropolitana.

Objetivo Específico 6:

Generación de la documentación para ambos inventarios, poblamiento de las bases de datos de emisiones 2005 y 2010 en el sistema IAirviro de CONAMA Metropolitana, de acuerdo a los requerimientos que la contraparte técnica determine, y generación de las bases de datos de emisiones para un modelo fotoquímico de dispersión de contaminantes, el cual será determinado por la contraparte técnica.

1.2 Justificación del Estudio

La figura siguiente da una visión general de la evolución de las concentraciones de los contaminantes que aún superan los estándares de calidad del aire.

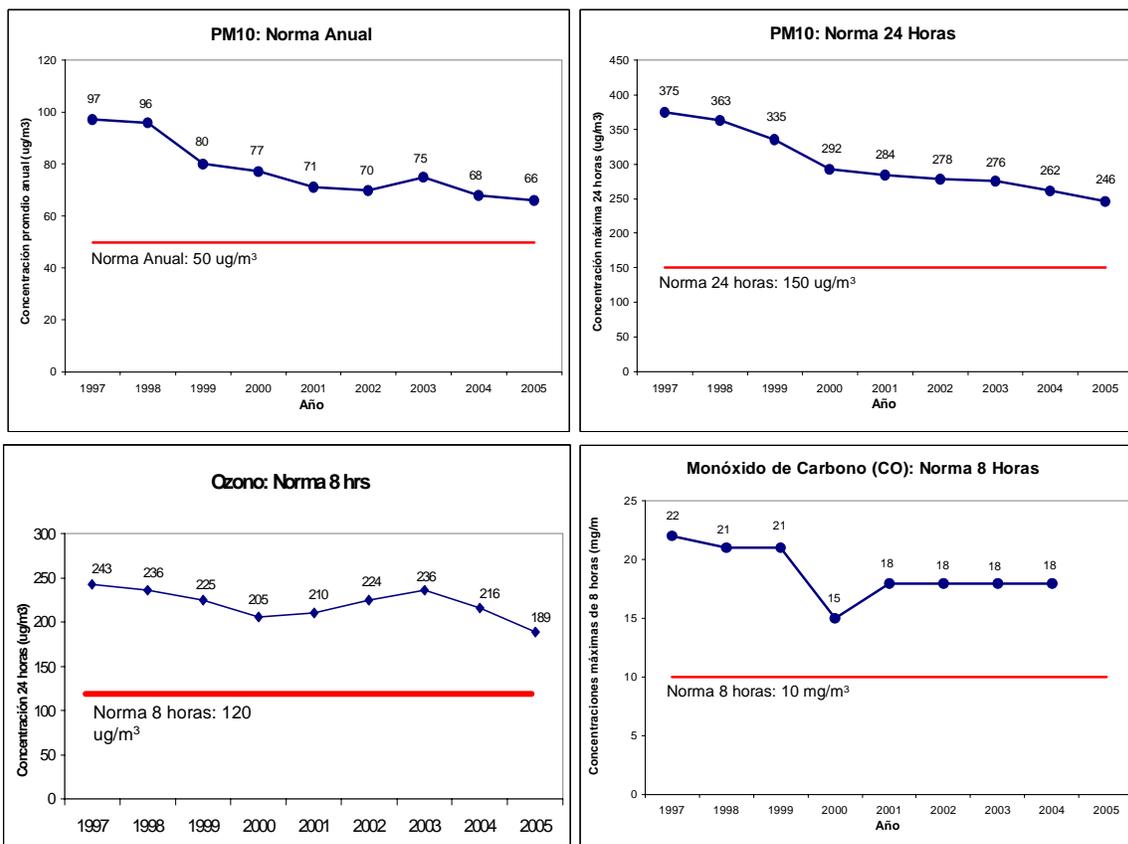


Figura 1. Evolución de los principales contaminantes sometidos a control por el PPDA

El PPDA plantea el cumplimiento de todos los estándares de calidad del aire al año 2010. Para esto, en la próxima actualización del PPDA, se requiere contar con la información adecuada de la contribución en emisiones de cada uno de los sectores, para cada una de las sustancias que aún requieren ser sometidas a control. Contar con esta información actualizada permitirá definir los montos de reducción de emisiones que todavía se requieren en cada uno de los sectores hasta el año 2010.

La responsabilidad en las concentraciones de MP10 se construye a partir de una caracterización del material particulado y del inventario de emisiones. De esta forma es posible estimar el impacto en las concentraciones de material particulado producido por las actividades humanas, tanto por su emisión directa, como por el aporte a través de la emisión

de gases precursores. La figura siguiente resume la estimación del aporte de cada uno de los sectores a las concentraciones de MP10

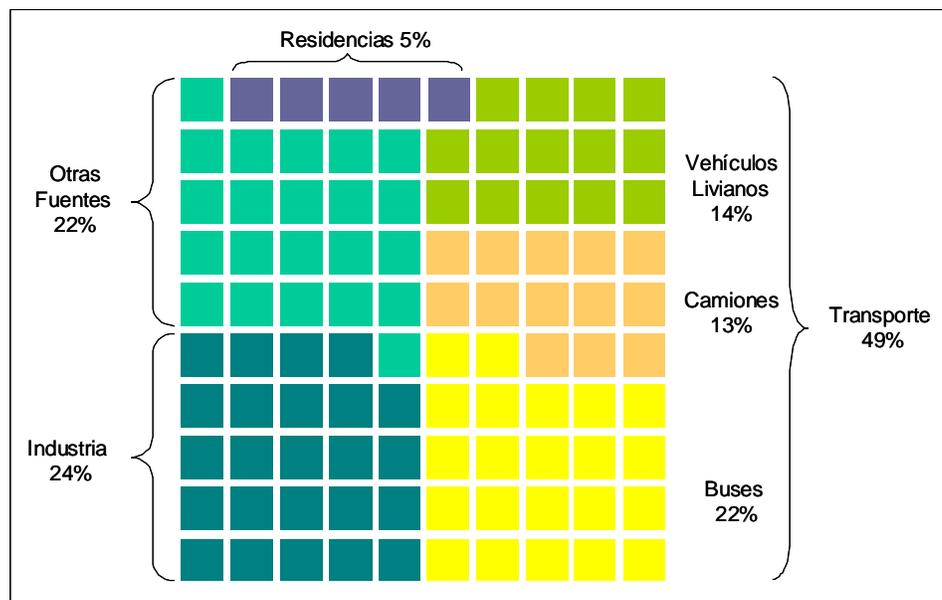


Figura 2. Responsabilidad en Concentraciones de MP10 en la R. Metropolitana (Año 2000)

El enfoque del PPDA, consecuentemente con el análisis de responsabilidades en las concentraciones de MP10, pondrá énfasis en el control de las emisiones de los sectores con mayor impacto.

A la fecha, se cuenta con la caracterización fisicoquímica del MP10 y MP2.5 para la Región Metropolitana, realizada el año 2005 sobre la base del análisis de filtros de tres estaciones de la Red Macam (Pudhauel, Parque O'Higgins y Las Condes), por lo tanto se requiere actualizar el inventario de emisiones para el escenario 2005, de forma tal que se recojan los importantes cambios estructurales que ha sufrido la ciudad desde la última actualización disponible realizada el año 2000. Algunos de los efectos que interesa incorporar son:

- Cambios en el sector transporte, tanto por aspectos de infraestructura como la incorporación de los cambios tecnológicos en el transporte público y la reducción de los contenidos de azufre en los combustibles. En el sector de los vehículos livianos, incorporar el impacto del crecimiento del parque vehicular, el aumento de los kilómetros recorridos, el deterioro de los convertidores catalíticos, ingreso de vehículos livianos diesel, etc.
- Cambios en el sector industrial, tanto aquellos producidos por las restricciones en el suministro de gas natural como aquellas producidas por las regulaciones y el crecimiento de la actividad industrial en los últimos 5 años.
- Cambios en las emisiones difusas provenientes de todo tipo de actividades comerciales e industriales de pequeña escala como: lavasecos, restaurantes de comida rápida, talleres automotrices, etc.

- Cambios en las emisiones residenciales, especialmente en lo que respecta al aumento explosivo en el uso de calefactores a leña.

De este modo, el escenario de emisiones ha variado sustancialmente desde 1998 a la fecha. Parte de ese cambio se puede observar en el inventario de emisiones 2000 al compararlo con su similar de 1997.

Por otra parte, avanzar en el control de otras sustancias que aun superan los estándares como son el Ozono y monóxido de carbono, también requiere disponer de un análisis de responsabilidad de fuentes emisoras o precursoras de estas sustancias.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, se hace imprescindible conocer los procesos y cantidades de estas sustancias que se emiten en la atmósfera de Santiago. Esto permitirá al Estado fundamentar adecuadamente sus decisiones en la gestión de la calidad del aire en el mediano y largo plazo.

1.3 Entendimiento de la situación

Para entender el trabajo que será desarrollado durante el presente Estudio es necesario tener muy claro los usos que tendrán los inventarios a ser desarrollado, ya que según la metodología adoptada por este equipo de trabajo para un programa de inventarios, los objetivos del mismo determinan sus características principales.

En este sentido el objetivo de este trabajo es generar un inventario para el año 2005 validado mediante modelación, y una proyección al 2010 que considere todas las medidas y proyectos relacionados.

Claramente el paso siguiente en términos de inventarios será efectuar una modelación de las concentraciones ambientales al año 2010, que considere todas las medidas y de esta manera evaluar hasta que punto se cumplen las metas con las medidas actuales de concentración establecidas en la actualización del PPDA para el año 2010. Luego de esto, y tomando en consideración la habilitación de los modelos de emisiones dinámicos de CONAMA R.M con los escenarios de emisiones a ser desarrollados en este estudio, será posible a) traducir las metas de concentración en metas de emisiones al 2010 y evaluar reducciones y medidas en las fuentes, b) generar escenarios de emisiones con medidas, modelar su impacto en calidad del aire y c) hacer una selección de las medidas más costo efectivas y de esta manera actualizar el PPDA y generar el camino necesario para dar cumplimiento a las metas ambientales del año 2010 mediante el establecimiento de nuevas medidas. En la siguiente figura se presenta de manera esquemática el proceso recién descrito.

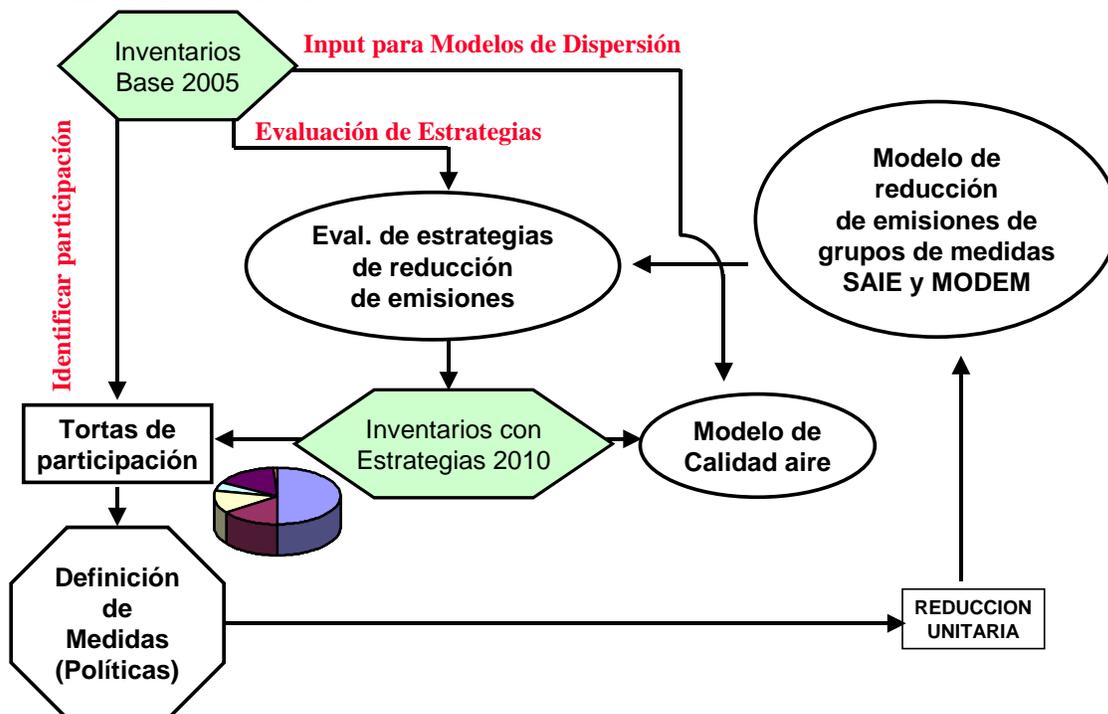


Figura 3. Utilización de inventarios en gestión de la calidad del aire

El análisis presentado anterior se enmarca en una estructura más general para hacer una gestión integral de una Plan de Descontaminación, que incluye el monitoreo de calidad del aire, aplicación de modelos receptores alimentados mediante análisis elemental de composición química de los filtros de MP10, tal como puede ser observado de manera esquemática en la siguiente figura:

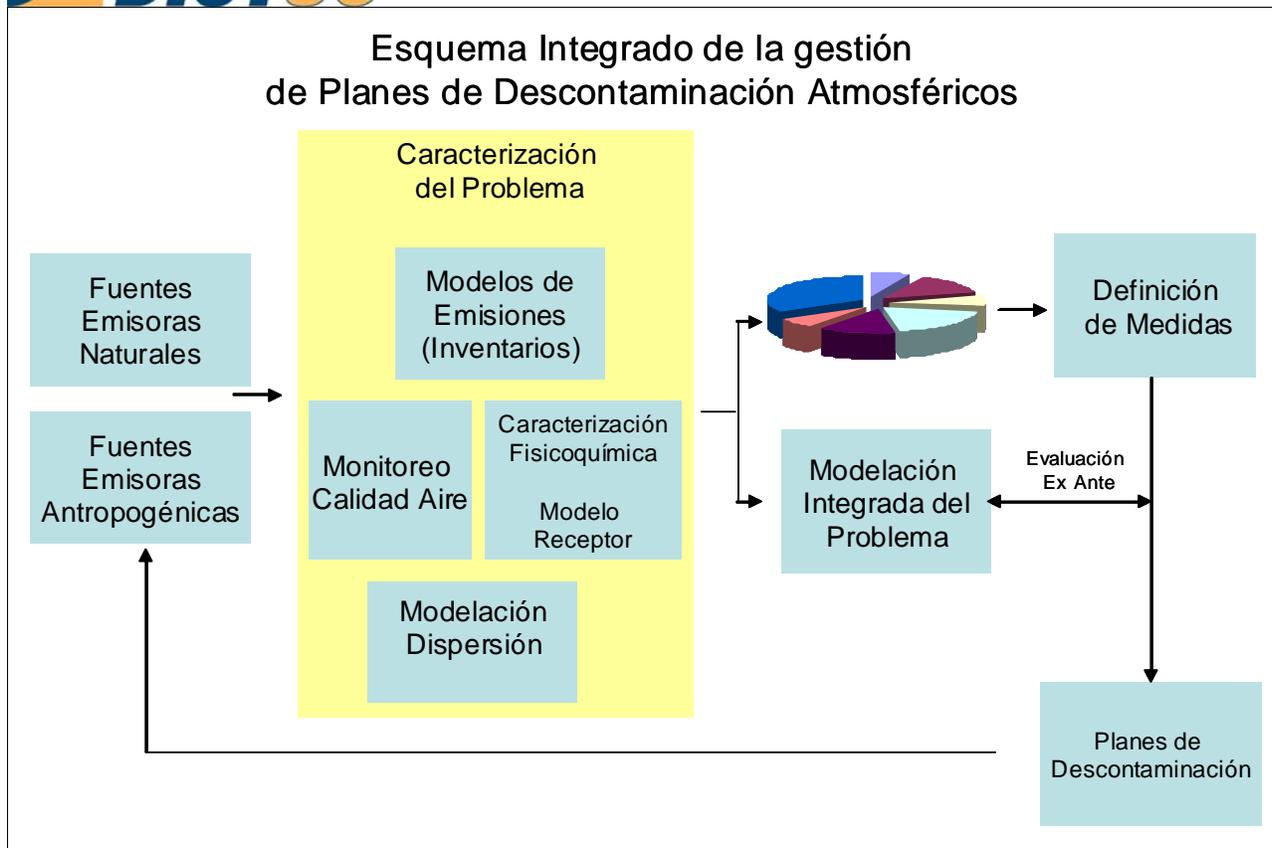


Figura 4. Esquema integrado de la Gestión de Planes de Descontaminación

2 METODOLOGÍA

2.1 Metodología del estudio

En la siguiente figura se presenta el diseño lógico general que se ha estructurado con las principales actividades del proyecto y las relaciones entre ellas. Cabe mencionar que se han identificado cuatro grandes ámbitos de especialidad para abordar los diferentes aspectos del estudio (enfoque multidisciplinario) estos son:

1. Recopilación de Antecedentes Iniciales
2. Desarrollo de Inventarios
3. Modelación para Validar Inventarios
4. Documentación

En el diagrama siguiente cada uno de estos ámbitos está estructurado en forma separada pero complementaria.

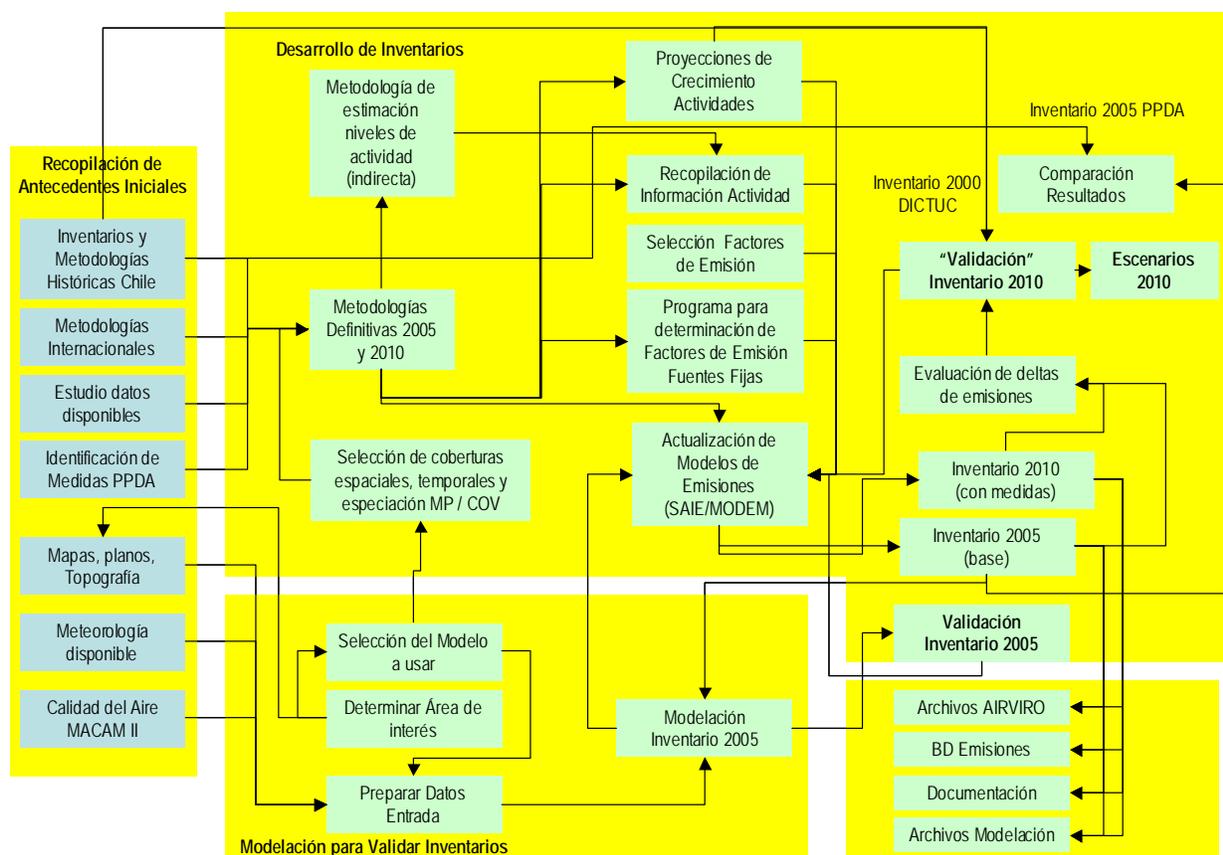


Figura 5: Enfoque Metodológico para la ejecución del estudio

2.2 Metodología General para el Desarrollo de Inventarios

Para cumplir con los objetivos del Estudio, se considera la generación de dos Inventarios de Emisiones Atmosféricas para el año 2005:

- **Inventario 2005**, el cual considera las emisiones de las fuentes al año 2005, incluyendo el nivel de implementación de las medidas del PPDA¹ vigentes a esa fecha.
- **Inventario de diseño del PPDA 2005**, el cual considera las emisiones de las fuentes considerando la implementación total de las medidas del PPDA vigentes para el año 2005.

En ambos casos el inventario entrega el aporte de las fuentes emisoras para un período anual, (en adelante “Inventario Anual”), y el aporte de las fuentes emisoras para el período de gestión de episodios críticos (Abril-Agosto), en adelante “Inventarios GEC”, el cual es construido mediante el uso de perfiles de emisión mensuales de cada tipo de fuente.

Por otra parte, el inventario desarrollado en este Estudio posee una estructura detallada de clasificación e identificación de las fuentes, considerando la distribución en el tiempo y en el espacio de las emisiones atmosféricas. Con estos atributos, es posible la validación de los resultados mediante el uso de modelos de calidad del aire en conjunto con los monitoreos de calidad del aire de la Red MACAM y de esta manera construir un inventario 2005 validado y sobre el cual es posible proyectar un inventario del PPDA para el año 2010.

DICTUC S.A. ha adaptado para el desarrollo de los inventarios de emisiones la metodología seguida principalmente por Estados Unidos y México en sus programas de inventarios de emisiones (ver siguiente figura), el cual considera la aplicación de medidas de aseguramiento y control de calidad en cada uno de los pasos requeridos para su desarrollo, caracterizado por un ordenamiento lógico de las actividades, de manera de obtener resultados comparables a los estándares internacionales.

Siguiendo esta metodología, las características del inventario están determinadas por los propósitos del mismo: desde una aplicación sencilla tal como calcular las emisiones de una fuente puntual con el objeto de evaluar un punto de máximo impacto, a la determinación de un área de influencia ambiental de un proyecto como TRANSANTIAGO (en el marco de una evaluación ambiental estratégica), hasta una aplicación de mayor escala como calcular un inventario Regional requerido para un Plan de Descontaminación (caso actual). De esta manera, según su uso, se diferenciarán las características del inventario construido en cuanto a la identificación de las fuentes contaminantes, así como la distribución espacial, temporal y detalle químico de las emisiones que se consideren.

Esta estructura detallada también considera: a) la modelación como herramienta básica para la evaluación de la calidad de un inventario, así como la documentación de los inventarios para

¹ PPDA publicado el 29 de enero de 2004

que estén completamente fundamentados, y b) el uso de modelos dinámicos para realizar los cálculos de emisiones de manera que permitan el uso de metodologías estructuradas y por tanto reproducibles (modelos de emisiones SAIE y MODEM en el caso de CONAMA R.M.).

Finalmente, la aplicación de esta metodología, en conjunto con el uso de la mejor información disponible, ha permitido el desarrollo del inventario 2005 de acuerdo con los estándares internacionales.

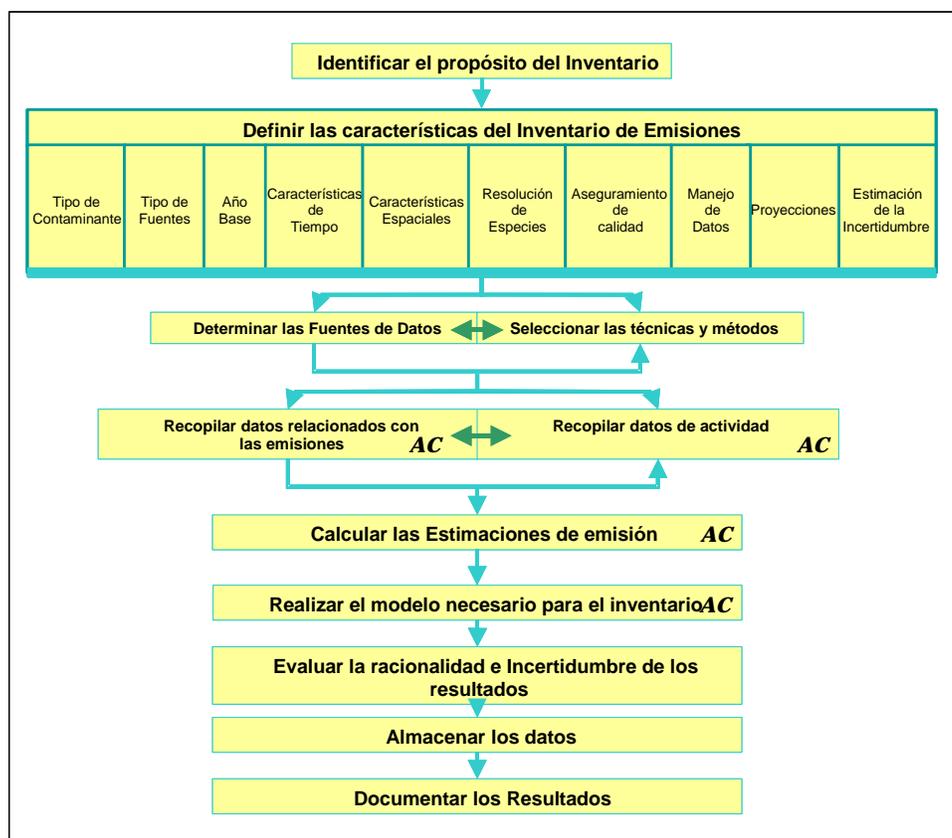


Figura 6: Enfoque Metodológico adoptado por DICTUC en programas de inventario de emisiones

En términos generales, los sistemas utilizados por este equipo de trabajo, corresponden a una estructuración conceptual de las metodologías de cálculo requeridas para la obtención de los complejos inventarios de fuentes industriales y areales en el caso de SAIE² y fuentes móviles en el caso de MODEM II. En ambos casos, los sistemas desarrollados permiten un traspaso automatizado de la información base para el inventario y procesos automáticos de cálculo de emisiones. En este sentido, es importante mencionar que los inventarios generados por ambos sistemas son de alta complejidad considerando que uno de sus objetivos principales es la alimentación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos y la evaluación de

² SAIE: Sistema de Administración del Inventario de Emisiones, desarrollado para CONAMA R.M.

beneficios de medidas de reducción de emisiones, lo cual implica la generación de inventarios distribuidos espacial y temporalmente y desagregados en sustancias químicas constituyentes de los COV (compuestos orgánicos volátiles) y sustancias químicas constituyentes del Material Particulado en sus distintas fracciones de tamaño (MP, MP₁₀ y MP_{2.5}) entre otras.

Los resultados finales del inventario de emisiones serán ordenados en base a la estructura general de inventarios consensuada con CONAMA en el marco del estudio desarrollado por CENMA para la última actualización del PPDA, estructura que es presentada en la figura siguiente. No obstante, es importante destacar que dado el nivel de detalle existentes en las bases de datos que sustentan los inventarios generados por el equipo consultor (tanto en los sistemas SAIE y MODEM) es posible presentar los resultados en distintas estructuras o distintas formas de agrupar las fuentes y sus tipos de descarga de emisiones.



Fuente: “Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana”, ejecutado por el Centro Nacional del Medio Ambiente, CENMA, por encargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA año 2001

Figura 7. Estructura General del Inventario (Referencia)

2.3 Metodología SAIE

SAIE corresponde al Sistema de Administración del Inventario de Emisiones operado por DICTUC para CONAMA R.M el cual reúne la totalidad de las fuentes de contaminación atmosféricas de un inventario. Dependiendo de las características y modelos disponibles para cada tipo de fuente este sistema puede integrar emisiones directamente proveniente de otros modelos o mediciones directas de las fuentes tales como emisiones de MODEM en el caso de transporte urbano, SIMOVYC en el caso de transporte interurbano, TANKS en el caso de estanques de almacenamiento de combustibles, mediciones de material particulado en el caso

de fuentes fijas, etc. o bien incorpora metodologías específicas de cálculo tales como estimación de gases en el caso de fuentes fijas, metodología para combustión domiciliaria, uso de plaguicidas, incendios forestales, emisiones de terminales y depósitos de buses etc.

En aquellos casos en los cuales los datos o las metodologías son obtenidas de manera exógena al modelo, el modelo SAIE le da valor agregado a la información, ya que complementa los resultados con la información necesaria para la generación de información requerida por los modelos de calidad del aire. Esto implica la incorporación, para cada categoría individual, de fuentes de perfiles temporales, especiación del material particulado por tamaño y por especies químicas específicas (ídem para los COV³), así como la distribución espacial de las emisiones. En la siguiente figura se muestra la estructura del inventario manejada por SAIE.

En el modelo SAIE será posible integrar las emisiones provenientes de terminales y depósitos de buses las cuales serán evaluadas en TRANSANTIAGO y estimadas para la línea base, cuya metodología ya fue desarrollada por DICTUC para TRANSANTIAGO en el estudio en ejecución: *“Análisis del Proyecto de Negocios de Licitación del Transporte Público”*.

Por otra parte, es importante señalar que las categorías representadas en esta estructura son a nivel agregado, ya que al interior del sistema es posible llegar a los tipos de fuentes específicas antes señalados, como por ejemplo uso de pintura en base a solvente a nivel residencial u hornos de fundición de bronce con gas natural, etc.

Con respecto a la distribución espacial y temporal de las emisiones (así como la resolución de especies químicas) tal como ya fue mencionado, este sistema cuenta con las mismas propiedades que el sistema MODEM II, ya que su orientación también corresponde a la generación de inventarios de emisiones para modelación. Los inventarios de emisiones generados por MODEM pueden ser incorporados a los modelos de calidad atmosférica de manera directa o bien incorporando las emisiones primero a SAIE y luego como parte del inventario total a los modelos de calidad atmosférica.

³ COV es la abreviatura para Compuestos Orgánicos Volátiles.



Figura 8. Esquema del Sistema de Administración de Inventarios de Emisiones de la Región Metropolitana (SAIE)

Este sistema ha sido incorporado a los modelos necesarios para efectuar la evaluación de costo beneficio de TRANSANTIAGO dada la existencia de contaminantes como el ozono que no presentan un comportamiento lineal en función de las emisiones de sus precursores (en este caso NOX y COV), por lo tanto, la evaluación de los cambios en las concentraciones ambientales necesariamente requieren de la incorporación de los inventarios totales a los modelos fotoquímicos distribuidos espacialmente.

2.3.1 Proyección de emisiones

En general las metodologías incluidas en el sistema SAIE son de diversa naturaleza, y las principales variables metodológicas se encuentran parametrizadas con el objeto de evaluar distintos escenarios y en especial efectuar escenarios proyectados de emisiones.

En términos generales, es necesario proyectar los distintos elementos que compone la metodología de cálculos tales como:

- Nivel de actividad característico de la fuente

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 354 5967 / Fax: (56-2) 686 5803 / www.dictuc.cl
www.solucionesambientales.cl

- Factor de emisión y tecnología de control de emisiones (nivel tecnológico de la fuente)

Para esto, en resumen, se recurre a información base del siguiente tipo:

- Estadísticas de los consumos de combustibles (por ejemplo para la combustión residencial)
- En relación al uso de leña informal, a partir del consumo per cápita de la población indigente de la Región, con información actualizada de la encuesta CASEN.
- Crecimiento del producto interno bruto
- La población proyectada para la RM para el año 2006, determinada a partir de los resultados del censo 2002 y 1992 y tendencias registradas en los últimos años (INE, ADUANA, etc.), para el caso de solventes de uso doméstico y aplicación de pintura.
- La proyección de GLP, a partir de las estadísticas anuales de ventas disponibles en la SEC
- Etc.

2.4 Metodología MODEM

El modelo de emisiones vehiculares (MODEM) es un software especializado que permite calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por la actividad vehicular en áreas urbanas. Este cálculo se realiza con un alto grado de interacción entre modelos de transporte terrestre, y con sistemas de información geográfica (SIG). La siguiente figura muestra las principales características de este sistema.

Tradicionalmente, la estimación de los niveles de actividad se determina en base a la existencia de una red vial definida y caracterizada a partir de modelos estratégicos de transporte. En el caso chileno, se emplea el modelo ESTR AUS para el Gran Santiago y los modelos ESTRABIO, VIVALDI, ESTR AVAL, entre otros, para el caso de las otras regiones del país.

2.4.1 Características del sistema MODEM operado por DICTUC

Es importante destacar que en la actualidad existen dos versiones de este sistema con metodologías bases equivalentes, no obstante el sistema MODEM operado por DICTUC S. A. corresponde a la versión extendida para modelación de calidad del aire lo cual implica funcionalidades adicionales para efectuar la distribución espacial de las emisiones de distintas maneras (como grillas, fuente lineal o una zona geográfica determinada), efectuar distribución temporal de las emisiones hasta nivel horario y resolución química hasta sustancias específicas, y la posibilidad de recalcular directamente las velocidades de cada arco vial en el caso de escenarios futuros en los cuales se proyectarán los flujos de la red, evaluación de flujos en horarios distintos a los entregados por los modelos de transporte, manejo de tipos de arcos según modo de transporte (tipos de calles característicos de una red) agrupados tanto de manera sectorial geográfica (9 sectores definidos para el Gran Santiago diferenciados por sentido de circulación), agrupados por características específicas de los arcos (arcos troncales y alimentadores por unidad de negocio) así como información específica de composición y flujos horarios disponibles para arcos de la red , lo cual permite generar por ejemplo

información de mucha calidad al modelo en el caso de existir datos específicos por ejemplo para una autopista urbana.

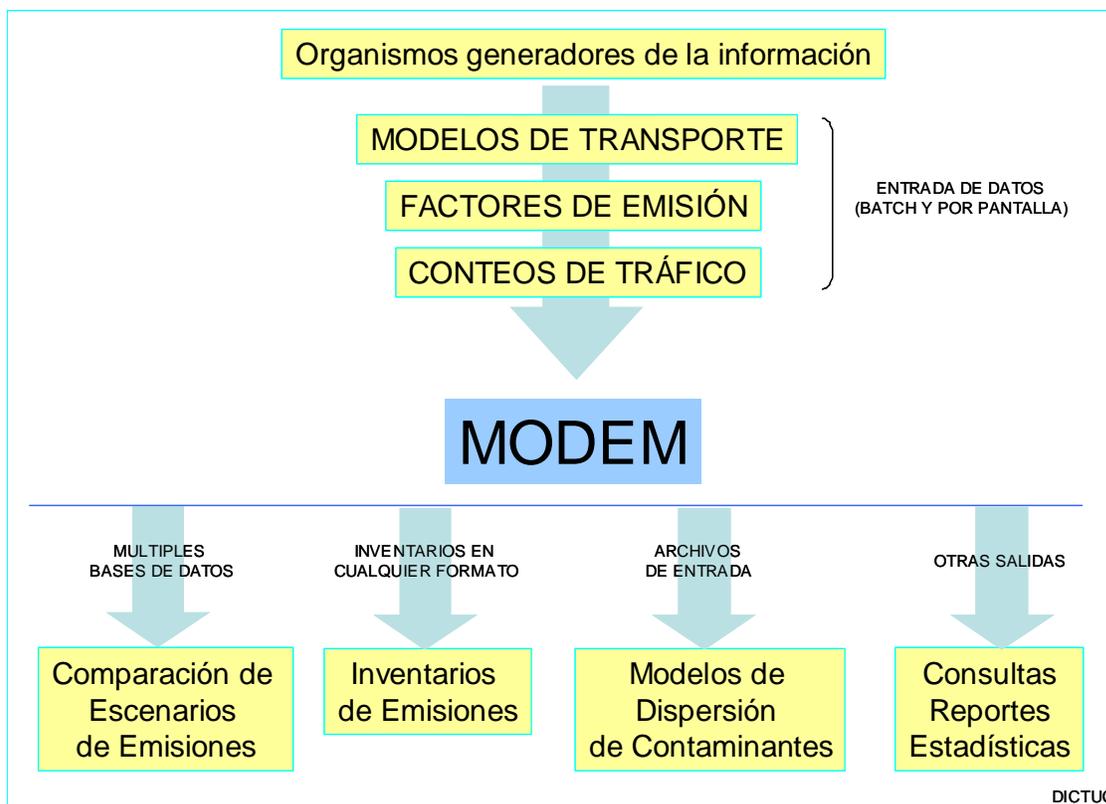


Figura 9. Esquema General del Sistema MODEM

Con respecto al manejo de las velocidades, la versión manejada por DICTUC permite la estimación de las mismas de manera directa en MODEM mediante la incorporación de las funciones de flujo demora (BPR) del modelo de transporte en MODEM, pero también existe la posibilidad de trabajar de manera directa con las velocidades directas entregadas por ESTRASUS (horarios punta, fuera de punta y libre) u otro modelo de transporte.

El sistema MODEM es capaz de modelar las emisiones de todos los contaminantes atmosféricos considerados en este estudio. En MODEM es posible además incorporar otras sustancias contaminantes, ya sea mediante la incorporación directa de factores de emisión al sistema o bien mediante la incorporación de perfiles de especiación química. Luego, es posible incorporar a MODEM la especiación del Material particulado (carbono orgánico y elemental, metales) y la especiación química de los COV, en este último caso es importante de destacar que estas funcionalidades del sistema (generación de los inventarios de VOC especiados químicamente) permiten a su vez la incorporación de los mecanismos químicos específicos para los modelos fotoquímicos tales como el Carbon Bond IV utilizado por el

modelo CAMx operado por DICTUC o el mecanismo RADM2 de los modelos CADM y WRF-Chem operados por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.

2.4.2 Proyección de emisiones

La generación de escenarios proyectados utiliza básicamente la misma metodología pero con los siguientes elementos proyectados:

- Flujos para cada una de las categorías vehiculares (provenientes de una corrida del modelo de transporte confeccionada específicamente para el escenario proyectado)
- Velocidades medias de circulación (ídem caso anterior)
- Factores de emisión (evolución de las tecnologías)
- Combustibles (composición) (En cuanto a las tecnologías y composición de los combustibles, ellas están íntimamente relacionadas con las regulaciones que las afectan. En tal sentido se generará una proyección de acuerdo a las tecnologías actuales, tasas de renovación y exigencias de ingreso para fuentes nuevas)
- Composición del flujo, esto es, participación de cada categoría en el flujo fijo y variable de cada arco (principalmente tasas de crecimiento y retiro por tipo de vehículo)
- Perfiles temporales (perfiles diarios, semanales y anuales) (generalmente se asumen constantes en un período relativamente reducido de tiempo)
- Parque vehicular (necesario para el cálculo de emisiones evaporativas y de partidas en frío) (a partir de data histórica disponible)

4 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES METODOLOGICOS DE FUENTES EMISORAS

Esta etapa de trabajo está orientada a la recopilación de los resultados previos relacionados a inventarios de emisiones que se han sido efectuado en la Región Metropolitana.

4.1 Recopilación de Antecedentes de Estudios Anteriores de Inventarios de Emisiones en la RM

Se revisaron los estudios efectuados con anterioridad en la RM, específicamente los estudios desarrollados por CONAMA RM denominados:

- Actualización del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana. Diciembre 1999.
- Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana. Diciembre 2000
- Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos para la Región Metropolitana. Agosto 2004.

El primero de ellos se basa en recopilación de antecedentes metodológicos de inventarios internacionales, algunas metodologías adaptadas a la realidad nacional y mediciones locales a nivel industrial. Los otros dos estudios se basan en los antecedentes recopilados en el inventario base y en revisiones que se hacen necesarias producto de actualizaciones metodológicas y de factores de emisión que van surgiendo tanto en la literatura internacional como en mediciones locales, así como también se basa en actualizaciones asociadas a los niveles de actividad de cada una de las fuentes emisoras (nuevos consumos de combustibles, corridas de transporte según escenarios, hectáreas quemadas, nuevas mediciones en procesos industriales, etc), además de incorporar fuentes nuevas como una de las etapas de mejoramiento continuo de los programas de inventarios de emisiones.

En resumen, se concluye que en todos los estudios revisados la metodología utilizada para el cálculo de las emisiones tienen en general el mismo origen. Todas ellas surgen de los desarrollos realizados por CONAMA RM desde mediados de los noventa y que operan en base a las siguientes consideraciones.

4.1.1 Fuentes móviles en ruta

Las estimaciones de emisiones se desarrollan en base a lo siguiente:

- Salidas de modelos de transporte
- Caracterización de flujos en terreno y/o análisis de conteos automáticos
- Perfiles temporales de comportamiento vehicular
- Factores de emisión en función de la velocidad
- Caracterización tecnológica en base a parque vehicular y/o revisiones técnicas

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

21

- Los factores de emisión utilizados en los estudios revisados corresponden a los generados para la Región Metropolitana. Tales factores fueron determinados a través de una combinación entre factores de literatura (COPERT) y mediciones para vehículos livianos en el Centro de Control y Certificación Vehicular.
- Los factores de emisión deben ser actualizados o corregidos con factores de deterioro, porque son fruto de análisis realizados con anterioridad al año 1998 y, por lo tanto, han perdido vigencia dada la evolución del parque vehicular a nivel país, el envejecimiento de los convertidores catalíticos, el mejoramiento de la calidad de los combustibles y especialmente, de los patrones de mantención y revisiones técnicas, entre otros elementos.
- Respecto a los modelos de transporte que generan los flujos para la estimación de los niveles de actividad, estos corresponden a corridas del modelo ESTRAUS, en distintos escenarios temporales.
- Resulta recomendable que todos los inventarios de emisiones que se realicen ya sea en la Región Metropolitana o bien en las otras regiones del país utilicen el mismo modelo de emisiones, pues ello permite la comparabilidad de los resultados, el mejoramiento continuo y la reducción de costos de estimación de emisiones.

4.1.2 Fuentes areales y fuentes de polvo fugitivo

Las estimaciones de emisiones se desarrollan en base a lo siguiente:

- Nivel de actividad de la fuente
- Factor de emisión
- Información de variabilidad especial y temporal

La mayoría de la metodología de estimación de emisiones y factores de emisión asociados tiene su origen en literatura internacional norteamericana relacionada a la EPA en su documentación del AP42, o bien de estudios efectuados por la CARB de California.

La tabla siguiente entrega las referencias en las que se basan las metodologías y factores de emisión que han sido utilizadas en los estudios anteriores, en relación a las fuentes que son analizadas en el presente estudio.

Tabla 1. Referencias literaturas internacionales en que se basan las fuentes areales, otras y fugitivas

| Categoría | FUENTE INFORMACIÓN |
|--|---|
| Combustión Residencial | EPA AP-42, Fuente: AIRCHIEF V.8. Copilation of Air Pollutant Emission Factors, V.I Stationary Point and Area Sources Fifth Edition. Cap. 1.4 Natural Gas Combustion " Tablas 1.4-1; 1.4-2"; Cap. 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion " Tabla 1.5-1". |
| Fabricación Artesanal de Ladrillos | EPA AP-42 sección 1.1 Combustión de Carbón Bituminoso y Sub Bituminoso, para caldera con alimentación manual de carbón Tablas 1.1-3 y 1.1-20 AP-42, Sección 1.9-4, Tabla 1.9-1 |
| Construcción de Edificios | CARB -Midwest Research Institute. SECTION 7.7 BUILDING CONSTRUCTION DUST (Revised September 2002) |
| Construcción de Caminos | CARB- Midwest Research Institute. SECTION 7.8 ROAD CONSTRUCTION DUST (Updated August 1997) |
| Polvo Resuspendido en Calles Pavimentadas y Sin Pavimentar | EPA. Capítulos 13.2.1 y 13.2.2 |
| Incendios Urbanos | CARB. Sección 7,14 "Structure and Automobile Fires." (Actualizado marzo 1999) |
| Extracción de Áridos | EPA Capitulo 13 sección 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles |
| Incendios Forestales y Quemas Agrícolas | CARB. Section 7.17, Agricultural Burning and Other Burning Methodology (June 2005) |
| Consumo de Cigarrillos | Compañía Chilena de Tabacos, y CARB. |
| Preparación de terrenos agrícolas | Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997, y revisión de AP – 42 4ta edición Section 11.2.2. |

5 DESARROLLO DE INVENTARIOS DE EMISIONES

A continuación, se describen las metodologías de estimación de emisiones de cada una de las fuentes emisoras consideradas en el presente estudio.

5.1 Fuentes Móviles en Ruta

5.1.1 Metodología general de cálculo de emisiones vehiculares

La metodología general para estimar las emisiones vehiculares en ruta consiste en estimar los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarles a cada una de ellas un nivel de emisión promedio o factor de emisión (ver siguiente ecuación).

Para los vehículos motorizados, el nivel de actividad es representado, básicamente, por el kilometraje recorrido por el vehículo en el tiempo y área donde se desarrolla el inventario, mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramos por kilómetro recorrido, los que generalmente son altamente dependientes de la velocidad media de circulación.

$$E_i = \sum_k \text{ Nivel de actividad}_k \times FE_{ik} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

E_i : Emisiones [gr] del contaminante considerado i

Nivel de actividad : Nivel de actividad de la categoría vehicular k

FE_{ik} : Factor de emisión del contaminante i para la categoría k evaluada [gr/km]

El nivel de actividad asociado a este tipo de fuentes, puede ser obtenido de una manera desagregada y en detalle estimando directamente la información a partir de datos de flujo vehicular (modelos de transporte, conteos vehiculares, etc.), entre otras variables, generados por los modelos de transporte.

Sin embargo, muchas veces estos datos no están disponibles y es necesario estimar el nivel de actividad vehicular de forma más agregada con la ayuda de otros parámetros alternativos, tales como las estadísticas de consumo de combustible regionales, caracterización detallada del parque y/o encuestas directas a usuarios, o bien aplicar una metodología alternativa de asignación de flujo a la red vial.

5.1.1.1 Clasificación de fuentes móviles en ruta

Dentro de las fuentes móviles en ruta, considerando las características de las flotas locales de cada ciudad y la información disponible, se utilizan en términos generales las siguientes categorías básicas de vehículos:

- Vehículos livianos particulares
- Vehículos livianos comerciales
- Vehículos de alquiler
- Taxis colectivos
- Buses transporte público
- Buses transporte interurbano y rural
- Camiones livianos, medianos y pesados
- Motocicletas

Subcategorías más desagregadas se definen de acuerdo a las características locales y a la mejor información disponible, principalmente la correspondiente a factores de emisión.

Los tipos de vehículos que han sido considerados de manera histórica en los inventarios de emisiones de la RM se listan a continuación, indicando qué tipo de vehículos se incorporarán en el presente estudio así como también indicando las subcategorías nuevas que se han incorporado o bien desagregado de la categoría global original (como por ejemplo los vehículos escolares) y también las categorías nuevas como los buses Transantiago.

Tabla 2. Categorías consideradas en el escenario 1997 en Inventario Cenma, 2000

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA |
|--------------|----------------|
| BUSES | Pre-EPA91 |
| | EPA91 |
| | EPA94 |
| | Interurbanos |
| | Pullman |
| CAMIONES | 2 Ejes |
| | más de 2 ejes |
| PARTICULARES | Catalíticos |
| | No Catalíticos |
| TAXIS | Catalíticos |
| | No catalíticos |
| COMERCIALES | Catalíticos |
| | No catalíticos |
| | Diesel |
| MOTOCICLETAS | 2 Tiempos |
| | 4 Tiempos |

Tabla 3. Categorías consideradas en el escenario 2000 en Inventario Cenma, 2000

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA |
|--------------|---------------------|
| BUSES | Pre-EPA91 |
| | EPA91 |
| | EPA94 |
| | Tipo Interurbano |
| | Tipo Pullman |
| CAMIONES | Livianos y medianos |
| | Pesados |
| PARTICULARES | Catalíticos |
| | No Catalíticos |
| TAXIS | Catalíticos |
| | No catalíticos |
| COMERCIALES | Catalíticos |
| | No catalíticos |
| | Diesel |
| MOTOCICLETAS | 2 Tiempos |
| | 4 Tiempos |

Tabla 4. Categorías consideradas en el escenario 2000 en Inventario Dictuc, 2004

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA |
|------------------------|--|
| Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos |
| Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos |
| Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 |
| Camiones Liv. Y Med. | Camiones Livianos Diesel Convencional |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional |
| Buses Rur. e Interurb. | Buses Interurbanos Diesel Convencional |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 |

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| Tx. Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos |
| Buses Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel VTT |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 |

Tabla 5. Categorías consideradas en el escenario 2005 en Inventario Dictuc estudio Actual

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA |
|----------------------|---------------------------------------|
| Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos |
| | Vehículos Particulares a diesel |
| Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos |
| | Vehículos de Alquiler a Gas |
| Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 |
| | Vehículos Comerciales a Gas |
| | Buses particulares |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos |
| | Vehículos Escolares a Diesel |
| Camiones Liv. Y Med. | Camiones Livianos Diesel Convencional |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional |
| Tx. Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos |
| | Taxis Colectivos a Gas |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 |

| | |
|---|--|
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 |
| Buses Licitados (Escenario Real) | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 |
| Buses Licitados (Escenario de Diseño)* | Bus Troncal 1 _separados en tecnología y subclases |
| | Bus Troncal 2 _separados en tecnología y subclases |
| | Bus Troncal 3 _separados en tecnología y subclases |
| | Bus Troncal 4 _separados en tecnología y subclases |
| | Bus Troncal 5 _separados en tecnología y subclases |
| | Bus Alimentador _separados en tecnología y subclases |

* Estas categorías son utilizadas dentro del escenario de Diseño, y reemplazan las categorías del escenario Real.

5.1.1.2 Tipos de emisiones a considerar en los cálculos

La metodología de cálculo implementada en MODEM asume que las emisiones provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando éste se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del motor cuando éste se encuentra frío (emisiones por partidas en frío) y por último aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). Las emisiones totales serán, en consecuencia, la suma de estos tres tipos de emisiones, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6. Desagregación de las emisiones totales

| Desagregación de las emisiones totales: | | |
|---|---|--|
| E_{total} | = | $E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{evaporativas}$ Ecuación 2 |
| E_{total} | : | Emisiones totales del contaminante considerado [gramos] |
| $E_{caliente}$ | : | Emisiones en caliente, fase estabilizada del motor [gramos] |
| $E_{partidas\ en\ frío}$ | : | Emisiones por partidas en frío [gramos] |
| $E_{evaporativas}$ | : | Emisiones por evaporación ⁴ [gramos] |

A estas fuentes se le suman las emisiones originadas por el desgaste de frenos y neumáticos y las emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas.

A su vez, se considera que las emisiones evaporativas en fuentes móviles provienen de tres fuentes primarias:

Tabla 7. Fuentes primarias de emisiones evaporativas

| Fuentes primarias de emisiones evaporativas |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Emisiones durante el día (<i>diurnal</i>) • Emisiones por detenciones en caliente (<i>hot soak emissions</i>) • Pérdidas durante el recorrido (<i>running losses</i>) |

⁴ Relevantes para especies de Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos en vehículos a gasolina

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan aun más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

Las emisiones evaporativas durante el día (*diurnal*), se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. Las emisiones por detenciones en caliente (*hot soak*) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no está fluyendo produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en “*hot soak*” cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en “*warm soak*” cuando la temperatura es menor a 70°C. Finalmente, se tienen las emisiones evaporativas generadas por pérdidas durante el recorrido (*running losses*) las cuales también se diferencian según el grado de temperatura del motor, definiéndose “*hot running losses*” cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y “*warm running losses*” cuando se encuentra por debajo de este valor. Estas fuentes se hacen significativas al tratarse de vehículos a gasolina (vehículos de ciclo Otto), por lo que el cálculo se refiere a este segmento del grupo de fuentes móviles en ruta.

En resumen, entonces, las emisiones asociadas a las fuentes móviles en ruta provienen de los siguientes tipos de descarga:

Tabla 8. Tipo de descargas totales incorporadas en el cálculo de emisiones de fuentes móviles en ruta

| Tipos de descargas de emisiones de fuentes móviles en ruta: |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos• Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido (<i>running losses</i>)• Emisiones evaporativas durante el día (<i>diurnal</i>)• Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (<i>hot soak emissions</i>)• Emisiones por partidas en frío• Emisiones provenientes de desgaste de frenos y neumáticos.• Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas |

De acuerdo a la información disponible, al contaminante considerado y a la precisión requerida en el cálculo de emisiones, desde el punto de vista de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones, se distinguen dos tipos: a) metodología para cálculo de emisiones por arco, y b) metodología para cálculo de emisiones por zonas, las cuales se describen en forma resumida a continuación. Ambas metodologías son utilizadas en los cálculos de emisiones en MODEM.

5.1.1.3 Metodología tipo arco

La metodología tipo Arco se basa en la existencia de una red vial, e idealmente la disposición de salidas de modelos de transporte. Cada arco tiene asociado características de operación básicas⁵ asignadas según condiciones de equilibrio en la red, en un horario determinado (por ejemplo punta mañana), lo que permite tener valores de velocidad y flujos para cada arco.

A través de la aplicación de esta metodología se calculan con MODEM los siguientes tipos de emisiones:

Tabla 9. Emisiones calculadas en MODEM II con metodología tipo arco

| Emisiones calculadas en MODEM II con metodología tipo arco: |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos• Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido (running losses)• Emisiones provenientes de desgaste de frenos y neumáticos.• Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas• Consumo de combustible (CC). Aunque no se trata de emisiones, bajo esta metodología también se calcula el consumo de combustible (CC) para las diferentes categorías. |

5.1.1.4 Metodología tipo zona

En la metodología tipo Zona, dentro de MODEM, las emisiones difusas (como las originadas en la evaporación de combustibles líquidos) no son calculadas por arco sino por zonas geográficas más extensas (por ejemplo, en el caso de la Región Metropolitana, estas corresponden a las comunas del Gran Santiago), utilizando información zonal como número de viajes entre sectores, vehículos de la categoría *i* por sector, información de temperaturas, largo promedio de viajes, entre otras.

A través de la aplicación de esta metodología, se calculan los siguientes tipos de emisiones:

Tabla 10. Emisiones calculadas en MODEM y MODEM II con metodología tipo zona

| Emisiones calculadas en MODEM y MODEM II con metodología tipo zona: |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak emissions)⁶• Emisiones evaporativas durante el día (diurnal)⁷• Emisiones debidas a las partidas en frío |

⁵ Capacidad, velocidades, longitud y flujos entre otros.

⁶ Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak emissions) cuyo factor de emisión esta expresado en [gr/detención] y depende de parámetros como la temperatura ambiental y la presión de vapor Reid del combustible utilizado.

⁷ Emisiones evaporativas durante el día (diurnal) cuyo factor de emisión está expresado en [gr/día] y también depende de parámetros como la temperatura ambiental y la presión de vapor Reid del combustible.

5.1.2 Metodologías específicas de cálculo de emisiones vehiculares

A continuación se describen las metodologías de estimación de emisiones asociadas a fuentes móviles en ruta, y los factores de emisión mencionados en las descripciones metodológicas se detallan más adelante en la sección 5.1.4.

5.1.2.1 Metodología de cálculo de emisiones en caliente por tubo de escape

La metodología general para este tipo de emisiones corresponde a:

$$E_{hora\ ijk} = F_{jk} \cdot L_j \cdot FE(v)_{ik} \cdot PF_{jk} \cdot C_{jk} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- $E_{hora\ ijk}$: Emisiones [gr] del contaminante considerado i en un arco j para la categoría vehicular k en una hora determinada.
- F_{jk} : Flujo vehicular [veh/h] total en el arco j a la hora en que se establecieron los parámetros por arco bajo el modelo de transportes utilizado como base
- L_j : Largo del arco evaluado [km].
- $FE(v)_{ik}$: Factor de emisión en función de la velocidad [gr/km] del contaminante i para la categoría k evaluada.
- PF_{jk} : Perfil de flujo o fracción del flujo total (Flujo jk) correspondiente a la hora evaluada y sector asociado al arco.
- C_{jk} : Composición o fracción del flujo total en el arco j perteneciente a la categoría k para el sector asociado al arco.

En la siguiente figura se presenta de manera esquemática esta metodología con información proveniente de modelos de transporte y para arcos agrupados por sectores geográficos (tipos asimilables según sectores específicos dentro del área de estudio). En esta ilustración es posible observar que se requiere datos adicionales a los entregados por los modelos de transporte.

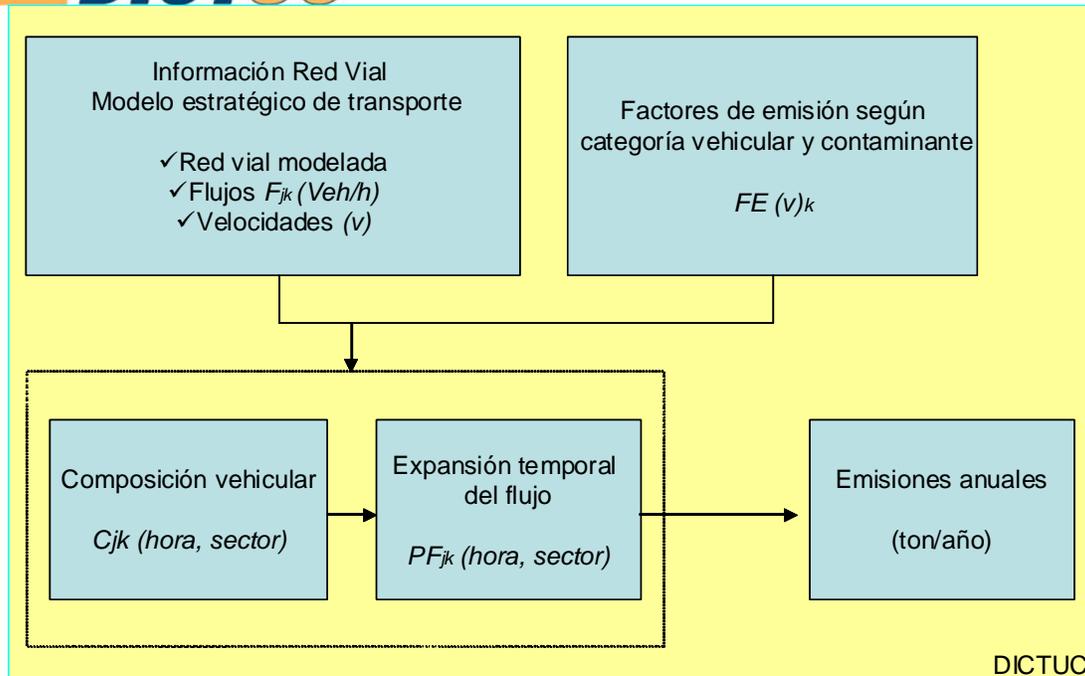


Figura 10. Esquema general para la aplicación de Metodología para Tubo de Escape

A continuación, se describe la obtención de los parámetros a los que se hace referencia en la figura anterior.

5.1.2.1.1 Escenarios de evaluación y modelos de transporte

Escenario 2005 Real:

Este escenario corresponde a la línea base anterior a la implementación de Transantiago. Para esto se trabajó con un escenario de modelación de transporte 2005 el cual incluye toda la infraestructura vial implementada hasta el año 2005 que fuera independiente de la planificación vial asociada a Transantiago.

Escenario 2005 de Diseño:

Para este escenario se trabajó con una corrida de modelación de transporte, la cual representa al escenario con la implementación de Transantiago en su etapa de régimen, es decir, con Transantiago funcionando de manera íntegra, y considera, además, todas las obras de infraestructura vial que se enmarcan dentro de las obras de planificación vial del Plan Transantiago.

5.1.2.1.2 Caracterización de flujos vehiculares (C_k)

Con el objetivo de complementar los modelos es necesario utilizar datos provenientes de campañas de caracterización de flujos vehiculares que permitan generar las categorías vehiculares requeridas. Esta caracterización del flujo vehicular en cuanto a su composición hace posible obtener la mejor representación posible acerca de las diferentes clases de vehículos que circulan diariamente en la ciudad y conocer qué porcentaje del flujo total

corresponde a vehículos livianos, cuanto a camiones, a buses, etc. Esto es necesario debido a que la estimación de emisiones debe desagregarse en diferentes categorías vehiculares debido a las apreciables diferencias de emisiones entre un tipo de vehículo y otro.

En general, el alcance de esta actividad vendrá dado por la subdivisión de categorías entregada por el modelo de transporte o la información base disponible. En términos generales los modelos de transporte sólo distinguen los flujos asignados como aquellos que caracterizan el transporte de ruta fija, y aquellos de ruta variable, donde se encuentran agrupadas el grueso de las categorías vehiculares, como vehículos particulares y comerciales de todos los tipos. De esta manera, un trabajo de caracterización de flujos en terreno más una caracterización del parque local basada en estadísticas sectoriales como parque vehicular, revisión de bases de datos provenientes de plantas de revisión técnica (de haberlas) y bases generadas por los diferentes gobiernos locales respecto a los permisos de circulación otorgados en cada uno de ellos, hacen posible desagregar los flujos vehiculares en todas aquellas categorías que el modelo de estimación de emisiones requiere.

Matrices de composición vehicular

Como se mencionó anteriormente, la caracterización del flujo vehicular en cuanto a su composición hace posible obtener la mejor representación posible acerca de las diferentes clases de vehículos que circulan diariamente por cada uno de los sectores que componen la ciudad y conocer sus proporciones relativas, vale decir, qué porcentaje del flujo total corresponde a vehículos livianos, cuánto a camiones, a buses, etc.

Así, la zonificación planteada para el área de estudio determina 40 zonas, equivalentes a las 40 comunas por las cuales se sobrepone la red vial utilizada dentro del presente estudio⁸. Estas zonas están caracterizadas por sus respectivos perfiles temporales y composición vehicular.

Según se puede observar en el cuadro siguiente, se han considerado 16 categorías generales (llamadas categorías CCF6 en MODEM II), las que a su vez deben ser desagregadas en sus respectivas subcategorías determinadas por la distribución de tecnologías (CCF8).

Las figuras siguientes entregan la composición vehicular comunal por tipo de vehículo o categoría general y por zona EOD. En ellas se aprecia que en todas las zonas el flujo vehicular predominante corresponde al de vehículos particulares, sobre todo en las comunas del sector oriente, y se nota la marcada presencia de taxis colectivos en las comunas de los sectores occidente, sur y sur oriente.

Posteriormente, la tabla siguiente indica la composición vehicular pero esta vez desagregada por tecnología. Las composiciones se mantienen constantes para el escenario Real y escenario de Diseño, es decir son independientes de la implementación de Transantiago, salvo para buses licitados.

⁸ Comunas del Gran Santiago más San Bernardo, Puente Alto, Til Til, Colina, Lampa, Buin y Pirque. En las comunas situadas en la periferia del área de Gran Santiago solo corresponden a arcos principales.

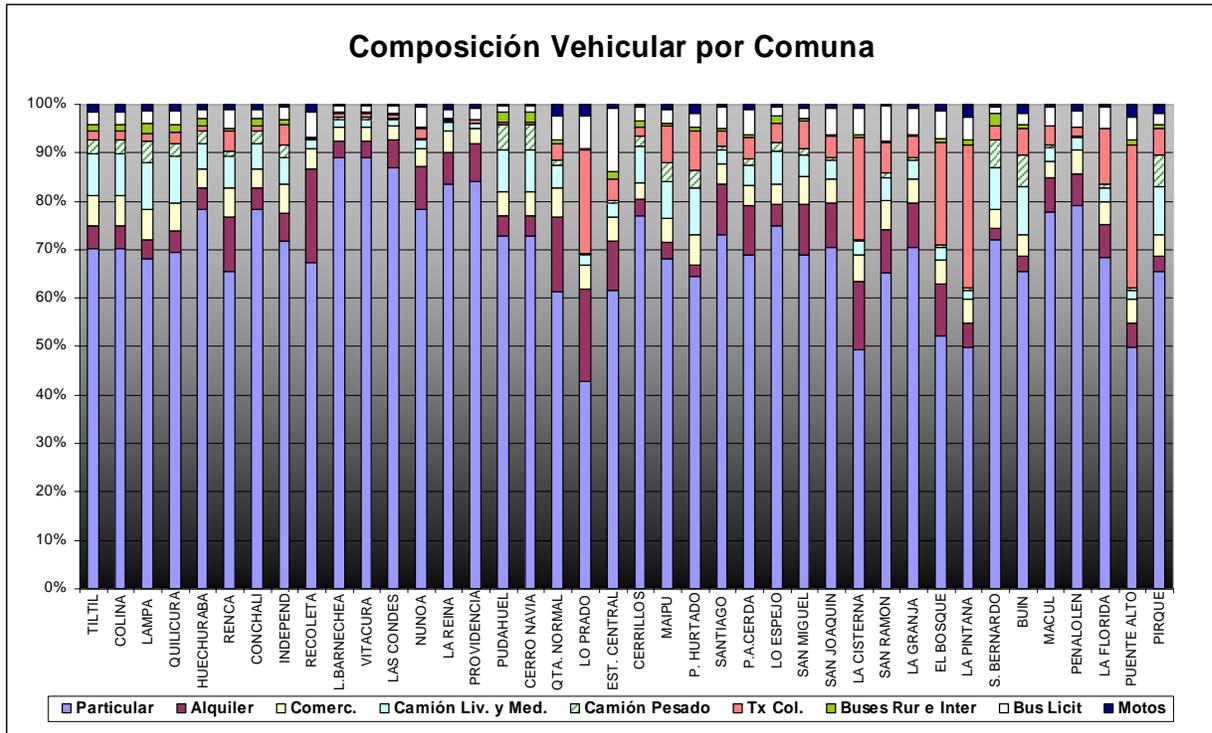


Figura 11. Composición vehicular por comuna.

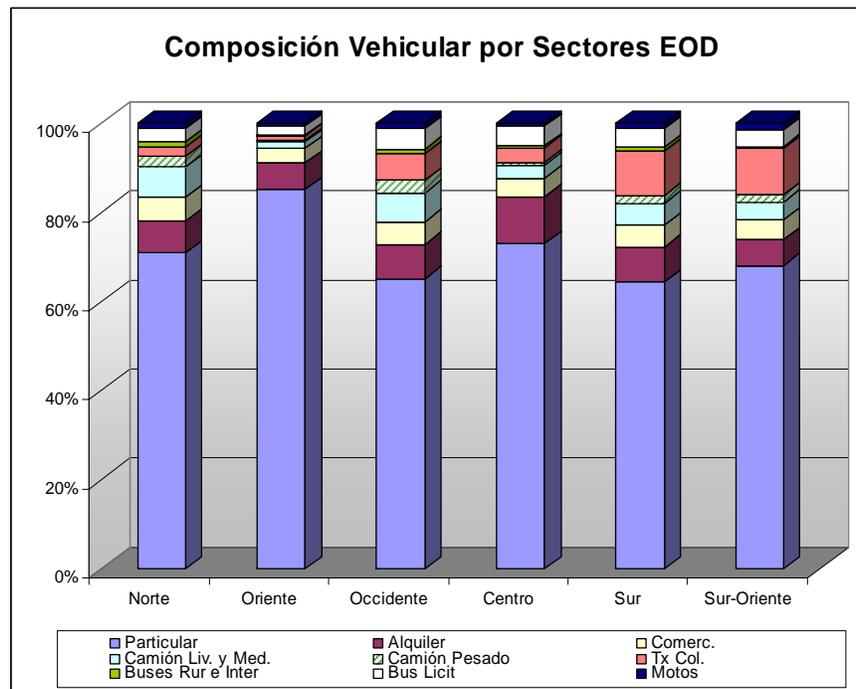


Figura 12. Composición vehicular por sectores EOD

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Tabla 11. Matriz de composición tecnológica, 2005.

| Descripción CCF6 | Descripción CCF8 | Composiciones (%) |
|------------------------------|--|-------------------|
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 80,73 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 19,27 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 94,64 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 2,93 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 2,43 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 62,45 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 15,17 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Sin Sello | 1,55 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Con Sello | 15,16 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,54 |
| | Buses particulares | 1,39 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,44 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 0,23 |
| | Vehículos Escolares a Diesel Sin Sello | 0,28 |
| Camiones Livianos | Vehículos Escolares a Diesel Con Sello | 2,77 |
| | Camiones Livianos Diesel Convencional | 25,70 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 37,42 |
| Camiones Medianos | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 36,88 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 36,66 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 33,05 |
| Motos | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 30,28 |
| | Motos de Dos Tiempos Convencional | 35,26 |
| Buses Interurbanos y Rurales | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 64,74 |
| | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 21,26 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 | 24,37 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 25,37 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,39 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,42 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 7,42 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 9,97 |
| Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 10,80 | |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 89,02 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 3,16 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 7,81 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 45,23 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 31,97 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 22,80 |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 12. Composición buses licitados, escenarios Real y Diseño

| Descripción CCF6 | Descripción CCF8 | Composiciones (%) | |
|------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------|
| | | Escenario Real | Escenario Diseño |
| Buses Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 38,47 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 45,10 | 18,57 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 16,43 | 81,43 |

Fuente. Elaboración propia, en base a procesamiento de base de datos de registro de buses Transantiago, hasta diciembre 2006.

5.1.2.1.3 Expansión temporal de flujos vehiculares (PF_k)

Para poder calcular emisiones a lo largo de todo el día y todo el año, es decir, llegar a estimar las emisiones anuales, es necesario una expansión del flujo vehicular entregado por los modelos de transporte, a todo el día. Los modelos de transporte entregan solamente evaluaciones o asignaciones de flujos para ciertas horas específicas de modelación, generalmente un horario de punta y otro fuera de punta. Entonces, como el modelo de emisiones requiere calcular emisiones en un periodo continuo de tiempo, es necesario extrapolar estas asignaciones a todo el día y a todo el año, para lo cual se debe contar con perfiles de flujos diarios que caractericen el comportamiento a lo largo de los días y semanas característicos. En este sentido, los conteos continuos de flujos entregan la información relevante para esa extrapolación.

Así, en la **Ecuación 3**, el flujo modelado está representado por la expresión " F_{kj} ", mientras que el factor de extrapolación denominado "perfil de flujo" o " PF_{jk} (hora)" permite entonces expandir este flujo a cualquier otra hora del día.

Así, el procedimiento para efectuar estas variaciones temporales del comportamiento del flujo vehicular consiste en efectuar campañas de conteos vehiculares en terreno en puntos escogidos estratégicamente y distribuidos sobre la red vial bajo ciertos criterios de selección y luego generar perfiles temporales y normalizarlos en el horario punta para que el sistema MODEM II internamente genere la expansión requerida.

Los antecedentes bases utilizados para generar los perfiles temporales que se usaron dentro del presente estudio, provienen de datos generados en la EOD2001. Al respecto, es importante mencionar que en futuros desarrollos de inventarios de emisiones de fuentes móviles, a fin de actualizar nuevamente los perfiles temporales, sería de relevancia contar con la información obtenida en los pódicos de cada vía concesionada así como también desarrollar nuevas campañas de conteos vehiculares que se desarrollen específicamente para fines de estimación de emisiones vehiculares.

5.1.2.1.4 Factores de emisión ($FE(v)_{jk}$)

En paralelo a la cuantificación del nivel de actividad de las fuentes móviles en ruta, es necesario incorporar al proceso de cálculo el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos generados por las diferentes categorías vehiculares existentes, lo que se conoce como la tasa de emisión másica por unidad de desplazamiento o "factores de emisión". Estos tienen en general la unidad de gramos por kilómetro recorrido y dependen, en su mayoría, de la velocidad media de circulación.

Como el factor de emisión " $FE(v)_{jk}$ " depende de la velocidad, esta última puede ser obtenida directamente desde el modelo de transporte, de datos provenientes de la calibración del modelo o bien mediante el empleo de técnicas específicas para estos fines. En términos generales dependiendo del modelo de transporte, MODEM puede desarrollar sus propios cálculos mediante la incorporación de funciones flujo demora, para lo cual será necesario incorporar a MODEM los parámetros calibrados para dichas funciones o bien

trabajar de manera directa con velocidades discretas entregadas por el modelo principalmente (velocidad de horario libre, punta y fuera de punta).

5.1.2.1.5 Resolución Espacial de las emisiones

En este inventario se adopta una metodología del tipo arco que permite generar el inventario con un nivel de detalle de las emisiones a nivel de cada arco incluido en el análisis, generando de esta forma un formato y nivel de desagregación mayor que uno del tipo comunal.

De esta manera se tiene que la cobertura espacial del inventario de emisiones será toda el área abarcada por la red vial modelada, la cual intersecta 40 comunas (40 sectores en MODEM II) de la forma como se describe anteriormente. La figura siguiente muestra la cobertura de la red vial utilizada para el escenario de Diseño.

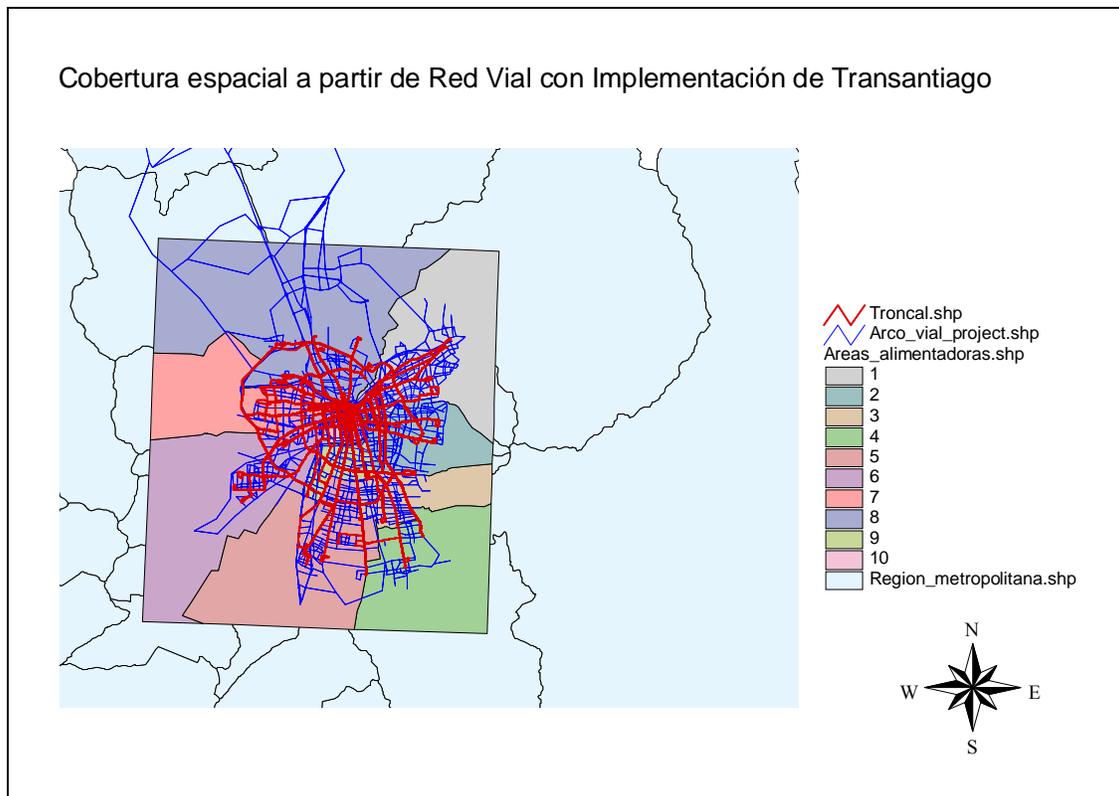


Figura 13. Red vial utilizada para escenario de Diseño.

5.1.3 Zonificación y Categorización Vial

Si bien en inventarios anteriores la zonificación del área de estudio había sido representada por 9 sectores definidos, como una mejora continua del inventario de emisiones para el presente estudio se definen tantos sectores como **comunas** afectadas o intersectadas por la

red vial existen. A cada uno de estos nuevos sectores/comunas se les asigna entonces un perfil temporal específico por tipo de vehículo y composiciones vehiculares específicas. Los criterios en que se basa esta determinación es el hecho de que en el período actual se cuenta con mayor información de puntos de conteos vehiculares (mayor cobertura), que en los inicios de la implementación de la metodología de sectorización dentro del Modelo de Emisiones, MODEM.

Otro objetivo de determinación, de gran relevancia, es que dentro del escenario de Diseño, cada Unidad de Negocios de Transantiago, está a cargo de distintos concesionarios, los cuales ofrecen distintos niveles de tecnología de buses (Euro II con filtro de partículas, Euro III, etc) y distintos tipos de subclases en función del largo del bus, que tienen una distinta tasa de emisión. En este contexto, si mantuviéramos la sectorización anterior no se podría asignar factores de emisión de manera adecuada a buses alimentadores que circulan por comunas específicas.

Para el caso de las Unidades Troncales, los recorridos de cada troncal serán definidos como sectores específicos dentro de MODEM, asignándole también composición tecnológica del parque de buses comprometido por los concesionarios de cada unidad troncal y perfiles temporales de comportamiento vehicular específicos.

5.1.3.1 Metodología de cálculo de emisiones evaporativas

5.1.3.1.1 Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido

En el caso de las pérdidas durante el recorrido del vehículo (*running losses*), es decir, en el trayecto recorrido sobre los arcos de la red vial, éstas se incluyen como cualquier otro contaminante en el cálculo de las emisiones totales, por lo que se consideran como emisiones de arco, es decir, bajo la metodología denominada tipo arco. Esta metodología hace diferencia según el grado de temperatura del motor, es decir, se denomina “hot running losses” cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y “warm running losses” cuando se encuentra por debajo de este valor. La expresión genérica para el cálculo por arco es:

$$E_{evapRLkj} = \sum (FE_{evapRLk} \cdot F_{kj} \times L_j) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

| | |
|----------------|---|
| $E_{evapRLkj}$ | : emisiones evaporativas totales debidas al recorrido diario (running losses) de la categoría k por arco de la red vial j [gr/hr] |
| $FE_{evapRLk}$ | : factor de emisión para emisiones evaporativas debidas al recorrido diario (hot running losses o warm running losses según corresponda) de la categoría k en estudio [gr/km] |
| F_{kj} | : flujo de vehículos de la categoría k en el arco j evaluado. |
| L_j | : longitud del arco j [km] |

5.1.3.1.2 Emisiones evaporativas durante el día (diurnal)

Las emisiones evaporativas durante el día (diurnal), se asocian a las variaciones de temperatura ambiental que se presentan durante el día. La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

38

$$EevapD_k = Nv_k \cdot FEevapD_k$$

Ecuación 5

Donde:

$EevapD_k$: Emisiones evaporativas totales debidas a las variaciones naturales de temperatura ambiental (diurnal) de la categoría k , en el área de estudio [gr/día]

Nv_k : Número de vehículos de la categoría k en el área de estudio.

$FEevapD_k$: Factor de emisión para emisiones diarias debidas a cambios en la temperatura ambiente (diurnal) correspondiente a la categoría k [gr/día]

El número de vehículos Nv_k , se obtiene a partir de la información proveniente de INE (permisos de circulación) para el año 2005. Además, con el fin de redistribuir de una manera más representativa el parque en la ciudad durante el día, y estimar qué fracción de los vehículos realmente se mantiene en su sector de origen y cuales salen o entran se utiliza la información de matrices de viajes por sectores EOD.

5.1.3.1.3 Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak)

Las emisiones por detenciones en caliente (*hot soak*) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas con combustible estancado, produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en “hot soak” cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en “warm soak” cuando la temperatura es menor a 70°C.

Al igual que para las emisiones durante el día, para las detenciones en caliente se considera la población de vehículos de acuerdo a la información base INE y a la distribución de la EOD.

La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

$$EevapHS_k = Nv_k \cdot Nvd_k \cdot FEevapHS_k$$

Ecuación 6

Donde,

$EevapHS_k$: Emisiones evaporativas totales debidas a las detenciones en caliente (hot o warm soak según corresponda) de la categoría k , en el área de estudio expresadas en [gr/día]

Nv_k : Número de vehículos de la categoría k en el área de estudio.

Nvd_k : Número de viajes diarios promedio realizado por la categoría k .

$FEevapHS_k$: Factor de emisión para emisiones provenientes de las detenciones en caliente (hot o warm soak) de la categoría k [gr/detención]

5.1.3.2 Metodología de cálculo de emisiones por partidas en frío

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones son más relevantes cuando se considera ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

La metodología de cálculo para este tipo de emisiones se basa en la fórmula genérica mostrada a continuación:

$$E_{i,j,k,m} = E_{cal\ ijk} * (e_{frio}/e_{cal})_{jk} * (T_m) * F_{viaje} * (T_m, LV_k) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

- E_{ijk} : Emisión de la comuna i , para el contaminante j , para la categoría de vehículo k , para el mes m , en Ton del contaminante/mes
- E_{CALijk} : Emisiones Calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna i , contaminante j , vehículo k , en el mes m , en Ton/mes
- $(e_{frio}/e_{cal})_{jk}$: Razón de emisiones entre motor frío y motor caliente para el contaminante j y vehículo k (adimensional).
- F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y L_v
- T_m : Temperatura promedio del mes m
- LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k

La ecuación siguiente calcula efectivamente las emisiones en frío asociadas al tramo en que el vehículo transita con motor frío. La ecuación siguiente muestra el cálculo de las emisiones en caliente que habían sido calculadas para el tramo frío. Por lo tanto, se debe hacer la diferencia respectiva en los cálculos de MODEM antes que se incorporaren este tipo de emisiones al inventario.

$$E_{ijk} = E_{cal,ijk} * F_{viaje} (T_m, LV_k) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

- E_{ijk} : Emisión de la comuna i , para el contaminante j , para la categoría de vehículo k , para el mes m , en Ton del contaminante/mes
- $E_{CAL,ijk}$: Emisiones calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna i , contaminante j , vehículo k , en el mes m , en Ton/mes
- F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y L_v
- T_m : Temperatura promedio del mes m
- LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k

En las ecuaciones anteriores se hace referencia a dos parámetros importantes. Uno de ellos es la relación “ e_{frio}/e_{cal} ”, correspondiente a la razón de emisiones en frío sobre las de tipo caliente. Este factor se aplica a la fracción del viaje en frío y depende de la temperatura ambiental, rangos de velocidad y del contaminante considerado. Las expresiones utilizadas para el cálculo de esta razón se muestran en la **Ecuación 9**. El otro parámetro importante corresponde al “ F_{viaje} ” o fracción del viaje que se considera realizada en frío. Este depende de la temperatura y del modo de conducción, en particular del largo del viaje promedio asignado y está dado por la siguiente ecuación:

$$F_{viaje} = 0.6474 - 0.02545 * LV_k - (0.00975 - 0.000384 * LV_k) * T_m \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde,

- F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y LV_k .
- LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k .
- T_m : Temperatura promedio del mes m .

Tabla 13. Razón de Emisión $e_{\text{frío}}/e_{\text{cal}}$ por partidas en frío

| Vehículos livianos de pasajeros a gasolina convencionales | Temperatura (°C) | | $e_{\text{frío}} / e_{\text{cal}}$ | | |
|---|------------------|----------|--|---------|-------|
| CO | -10 : 30 | | 3,7 - 0,09 * ta | | |
| NOx | -10 : 30 | | 1,14 - 0,006 * ta | | |
| HCT | -10 : 30 | | 2,8 - 0,06 *ta | | |
| Vehículos livianos de pasajeros a gasolina Euro I | Velocidad | T°C | $e_{\text{frío}} / e_{\text{cal}} = AxV + BxT^{\circ} + C$ | | |
| | | | A | B | C |
| CO | 5-25 | -20 : 15 | 0.121 | -0.146 | 3.766 |
| | 26-45 | -20 : 15 | 0.299 | -0.286 | -0.58 |
| | 5-45 | >15 | 0.0503 | -0.363 | 8.604 |
| NOx | 5-25 | >-20 | 0.0458 | 0.00747 | 0.764 |
| | 26-45 | >-20 | 0.0484 | 0.028 | 0.685 |
| HCT | 5-45 | -20 : 15 | 0.0157 | -0.207 | 7.009 |
| | 26-45 | -20 : 15 | 0.282 | -0.338 | 4.098 |
| | 5-45 | >15 | 0.0476 | -0.477 | 13.44 |

Fte.: COPERT⁹, 2001.

5.1.3.3 Metodología de cálculo de emisiones proveniente del desgaste de frenos y neumáticos

La metodología utilizada para calcular las emisiones de material particulado producto del desgaste de frenos y de neumáticos se resume en las siguientes ecuaciones:

$$MP_{\text{frenos}} = 0.0128 * PSBRK \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde, PSBRK es la fracción del particulado menor o igual al punto de corte involucrado. Para el caso de PM10 corresponde al 98% (0.98).

$$MP_{\text{neumáticos}} = 0.002 * PSTIRE * N^{\circ}neum \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde *PSTIRE* corresponde a la fracción del particulado menor o igual al punto de corte involucrado que para el caso de PM10 corresponde al 100% y el *N°neum* corresponde al número de neumáticos promedio utilizado por la categoría evaluada.

5.1.3.4 Metodología de cálculo de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas

Esta metodología se describe en la sección 5.5.2 Polvo Resuspendido.

⁹ Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1), 2001.

5.1.4 Factores de emisión de fuentes móviles en ruta

Las emisiones vehiculares dependen de múltiples variables, razón por la cual, seleccionar factores de emisión adecuados para una ciudad es sin duda una tarea compleja. En el presente estudio los desarrollos de más de una década disponibles en la Región Metropolitana permiten abordar de mejor forma esta tarea.

Idealmente, y sobre todo en ciudades donde el sector transporte tiene un alto impacto en la contaminación atmosférica, es recomendable emprender un esfuerzo para realizar mediciones a nivel local, dado que los factores de emisión que se usan internacionalmente no representan adecuadamente aquellos elementos propios de cada ciudad y que pueden ser determinantes en los niveles de emisión. Por otra parte, los factores de emisión determinados en forma experimental en Chile, son representativos de ciclos de marcha del Gran Santiago y, por lo tanto, también podrían experimentar diferencias en otras ciudades del país. Ejemplificando situaciones que determinan la diferencia entre emisiones de dos tipos de vehículos de características tecnológicas similares, basta mencionar que los niveles de emisión de dichos vehículos experimentarán diferencias explicadas por su estado de mantención, la forma de operación, etc.

Las emisiones vehiculares tienen su origen en tres dimensiones diferentes: tecnología vehicular, forma de uso de la tecnología (mantención, patrón de conducción, etc) y combustible usado (tipo y calidad). Los modelos de factores de emisión buscan identificar las variables que impactan en las emisiones y cuantificarlas de forma tal que los usuarios puedan estimar factores de emisión que son producto de una serie de parámetros de entrada. Algunas de las variables que se deben considerar a la hora de seleccionar factores de emisión adecuados se presentan a continuación:

- Tecnología (vehículos con o sin convertidor catalítico, tipos de certificación de emisiones, sistemas de control, etc)
- Ciclo de Marcha: Se refiere a la forma de circulación en cada ciudad, considera las velocidades medias, detenciones, aceleraciones, partidas en frío, etc)
- Antigüedad del parque vehicular
- Kilometraje promedio anual por categoría
- Estado de Mantención (existencia de revisiones técnicas obligatorias, por ejemplo)
- Calidad de los combustibles: Composición, contenidos de azufre, plomo, benceno, etc.
- Aspectos meteorológicos y geográficos.
- Otros: Sistema de transmisión, aire acondicionado, etc.

El parque automotor chileno, y por consiguiente el de la Región Metropolitana, es mucho más parecido al europeo y japonés que al de EUA. Por lo tanto, se consideran principalmente los factores de emisión propuestos en el estudio europeo COPERT III para la estimación de las emisiones vehiculares en caliente, emisiones evaporativas y emisiones por partidas en frío. Además, se consideran los factores de emisión locales que se han desarrollado en nuestro país y los factores de corrección que se puedan calcular por mejoras en las características de los combustibles y ajustes por factores de deterioro especialmente en lo que respecta al deterioro de los catalíticos.

El modelo COPERT tiene la ventaja de que en su documentación muestra 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.

Actualmente se han generado curvas de emisiones para todas las categorías vehiculares, teniendo como referencia los estudios “Actualización de Inventarios de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana”¹⁰, “Actualización del Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares”¹¹, “Hot Emission Model for Mobile Sources: Application to the Metropolitan Region of the City of Santiago, Chile”¹².

Debido a la incorporación en el presente estudio de vehículos livianos a diesel (particulares) se utilizarán factores de emisión provenientes de COPERT III asociados a la categoría “*diesel passenger cars < 2,5 ton*” de dicho modelo. Para el caso de las emisiones de material particulado provenientes de la resuspensión de polvo desde calles pavimentadas y desgaste de frenos y neumáticos, los factores de emisión provienen de las metodologías indicadas por el AP42 de la EPA, metodologías que han sido aplicadas en los inventarios de emisiones de la Región Metropolitana en estudios de Conama RM¹³. Respecto a los factores de especiación de material particulado en PM10 y PM2.5, estos se basan en los perfiles de especiación de la última actualización del SPECIATE (versión 3.2) de la EPA.

Cabe mencionar que Transantiago, CONAMA RM y SECTRA están ejecutando en la actualidad estudios asociados a la generación de nuevos factores de emisiones locales, tanto de vehículos livianos como de transporte público y pesados. Sin embargo, el uso de estos nuevos antecedentes no pudo ser considerado ya que a la fecha de término del presente estudio los resultados no se encuentran disponibles.

5.1.4.1 Factores de emisión de los tipos de descargas considerados en el inventario

A continuación se presentan una serie de tablas con los factores de emisión utilizados en este estudio para los siguientes elementos: (PM₁₀) – (PM_{2.5}) – (CO) – (HCT) – (NO_x) – (SO₂) – (CO₂) – (CH₄) – (N₂O) – (NH₃) – y Consumo de Combustible (CC), cada uno de ellos considerados para cada categoría de vehículos asociados a distintos tipos de emisión según corresponda.

5.1.4.1.1 Factores para emisiones evaporativas

La tabla siguiente muestra los factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones evaporativas.

¹⁰ Conama RM – Diciembre 2000

¹¹ Sectra – Enero 2002

¹² Corvalan&Osses, Urrutia “Journal of the Air Waste Management Association (ISSN 1047-3289), 2002

¹³ “Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana”, 2000. “Modelo de Dispersión de Contaminantes para la Región Metropolitana”, 2004.

Tabla 14. Factores de emisión para estimar emisiones evaporativas en vehículos de ciclo Otto (basados en COPERT II)

| Factor de emisión | Unidades | Vehículos no controlados (sin dispositivo canister) | Vehículos controlados (dotados con canister) |
|---|----------------|---|---|
| Diurnal | [gr/día] | $9,1 * \exp(0,0158 * (RVP - 61,2) + 0,0574 * (t_{\min} - 22,5) + 0,0614 * (t_{\text{inc}} - 11,7))$ | 0,2 * (no controlado) |
| Warm soak | [gr/detención] | $\exp(-1,644 + 0,01993 * RVP + 0,07521)$ | $0,2 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 t_a)$ |
| Hot soak | [gr/detención] | $3,0042 * \exp(0,02 * RVP)$ | $0,5 * 0,3 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 * t_a)$ |
| Hot soak y Warm soak (vehículos con inyección de combustible) | [gr/detención] | 0,7 | No aplicable |
| Warm Running losses | [gr/km] | $0,1 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | 0,1 * (no controlado) |
| Hot Running losses | [gr/km] | $0,136 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | 0,1 * (no controlado) |

Notas: t_a : temperatura ambiente; t_{inc} : incremento de temperatura ambiente a lo largo del día
 t_{\min} : temperatura ambiente mínima; RVP: presión de vapor Reid del combustible

5.1.4.1.2 Factores de Emisión de Polvo de Calles Pavimentadas

Esto es descrito en la sección 5.5.2 Polvo Resuspendido.

5.1.4.1.3 Factores de Emisión para Desgaste de Frenos y Neumáticos

La metodología a emplear se basa en lo descrito en el AP42 de la EPA, cuyos valores asociados según tipo de vehículo se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 15. Factores de emisión de MP por desgaste de frenos y neumáticos

| Categoría | Frenos gr/Km | Neumáticos gr/Km |
|--------------------|--------------|------------------|
| Vehículos livianos | 0.008125 | 0.005 |
| Buses | 0.008125 | 0.005 |
| Camiones | 0.008125 | 0.0075 |
| Motocicletas | 0.008125 | 0.0025 |

Fte.: AP42, EPA

5.1.4.1.4 Factores de Especiación por Tamaño de Material Particulado

Respecto a la especiación de material particulado en PM_{10} y $PM_{2,5}$, se consideran los perfiles de especiación del AP-42 de la EPA, valores que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 16. Especiación de particulado para tubo de escape (% c/r al total de MP emitido).

| Tipo de Vehículo | PM10 | PM2.5 |
|--------------------|------|-------|
| Vehículos a diesel | 100% | 92% |

Fte.: SPECIATE 3.2, EPA.

5.1.4.1.5 Factores de emisión de fuentes móviles en ruta

Tabla 17. Factores de Emisión para Vehículos Livianos de pasajeros y Taxis

| CATEGORIA | CONTAM. | FACTOR EMISION (gr/km) | FUENTE |
|--|------------------|---|---|
| Vehículos particulares livianos sin convertidor catalítico. (sin normas de emisión) | CO | $0.0203*V^2 - 2.2662*V + 77.661$ | Programas experim. nacionales (Cenma) Programas experim. nacionales (Cenma) Programas experim. nacionales (Cenma) |
| | HCT | $11.589*V^{-0.5595}$ | |
| | NO _x | $9.5*10^{-6}*V^3 - 0.0016*V^2 + 0.0738*V + 1.2586$ | |
| | SO ₂ | (1) | |
| | CO ₂ | (2) | |
| Taxis sin convertidor catalítico (sin normas de emisión) | CH ₄ | $3.31*10^{-5}*V^2 - 0.00573*V + 0.268$ | COPERT III COPERT II COPERT II Programas experim. nacionales (Cenma) |
| | N ₂ O | 0.005 | |
| | NH ₃ | 0.002 | |
| | CC | $595.76*V^{-0.534}$ | |
| | | | |
| Vehículos particulares livianos con convertidor catalítico Tipo I. (EURO I o superior) | CO | $28.844*V^{-0.8384}$ | Programas experim. nacionales (Cenma) Programas experim. nacionales (Cenma) Programas experim. nacionales (Cenma) |
| | HCT | $1.1851*V^{-0.616}$ | |
| | NO _x | $1.1*10^{-6}*V^3 - 0.0001677*V^2 + 0.0031795*V + 0.4835758$ | |
| | SO ₂ | (1) | |
| | CO ₂ | (2) | |
| Taxis con convertidor catalítico Tipo I. (EURO I o superior) | CH ₄ | $1.1176*10^{-5}*V^2 - 0.00196*V + 0.099652$ | COPERT III COPERT II COPERT II Programas experim. nacionales (Cenma) |
| | N ₂ O | 0.053 | |
| | NH ₃ | 0.070 | |
| | CC | $552.25*V^{-0.5486}$ | |
| | | | |
| Vehículos particulares livianos otros ¹⁴ . (sin norma de emisión) | PM ₁₀ | $(0.000058*V^2 - 0.0086*V + 0.45)$ | COPERT III COPERT III COPERT III COPERT III COPERT III COPERT III COPERT III COPERT III |
| | CO | $5.41301*V^{-0.574}$ | |
| | HCT | $4.61*V^{-0.937}$ | |
| | NO _x | $0.000101*V^2 - 0.014*V + 0.918$ | |
| | SO ₂ | (1) | |
| | CO ₂ | (2) | |
| | CH ₄ | $0.0000019*V^2 - 0.1775*V + 7.9936$ | |
| | N ₂ O | 0.027 | |
| | NH ₃ | 0.001 | |
| | CC | $0.014*V^2 - 2.084*V + 118.489$ | |
| | | | |

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

¹⁴ Corresponde a vehículos particulares a diesel

Tabla 18. Factores de Emisión para Vehículos Livianos Comerciales

| CATEGORIA | CONTAM. | FACTOR EMISION (gr/km) |
|---|------------------------------------|---|
| Vehículos livianos comerciales sin convertidor catalítico < 3.5 ton (sin normas de emisión) | CO | $0.01104*V^2-1.5132*V+57.789$ |
| | HCT | $0.000677*V^2-0.1170*V+5.4734$ |
| | NO _x | $0.0179*V+1.9547$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.15 |
| | N ₂ O | 0.006 |
| | NH ₃ | 0.002 |
| | CC | $0.0234*V^2-3.3718*V+195.96$ |
| Vehículos livianos comerciales con convertidor catalítico < 3.5 ton, Tipo I (EURO I o superior) | CO | $0.0037*V^2-0.5215*V+19.127$ |
| | HCT | $0.0000577*V^2-0.01047*V+0.5462$ |
| | NO _x | $0.0000755*V^2-0.009*V+0.666$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | $1.2969*10^{-5}*V^2-0.0021098*V+0.101995$ |
| | N ₂ O | 0.053 |
| | NH ₃ | 0.07 |
| | CC | $0.0234*V^2-3.3718*V+195.96$ |
| Vehículos livianos comerciales diesel < 3.5 ton, Tipo I (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | $0.0000125*V^2 - 0.000577*V + 0.2880$ |
| | CO | $0.00020*V^2 - 0.0256*V + 1.8281$ |
| | HCT | $0.000066*V^2 - 0.0113*V + 0.6024$ |
| | NO _x | $0.00014*V^2 - 0.01592*V + 1.4921$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.005 |
| | N ₂ O | 0.017 |
| | NH ₃ | 0.001 |
| CC | $(0.0233*(V^2))-(2.5646*V)+136.22$ | |
| Vehículos livianos comerciales diesel < 3.5 ton (EURO I o superior), Tipo II | PM ₁₀ | $(0.00003015*V^2-0.00327295*V+0.12944)$ |
| | CO | $0.00018286*V^2-0.02132*V+0.88232$ |
| | HCT | $0.00001085*V^2-0.0017608*V+0.134044$ |
| | NO _x | $0.00020244*V^2-0.0267204*V+1.660254$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.005 |
| | N ₂ O | 0.017 |
| | NH ₃ | 0.001 |
| CC | $0.0198*V^2-2.506*V+137.42$ | |

Fuente: COPERT II.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 19. Factores de Emisión para Camiones Livianos

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTOR EMISION (gr/km) |
|--|--|--|
| Camiones livianos Tipo I Convencionales <7.5 t (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | $4.5563 * V^{-0.707}$ |
| | CO | $37.280 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $40.120 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $50.305 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.0014 * V^2 - 0.1737 * V + 7.5506$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.085 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ |
| | Camiones livianos Tipo II < 7.5 ton (EURO I o superior) | PM ₁₀ |
| CO | | $18.64 * V^{-0.6945}$ |
| HCT | | $30.09 * V^{-0.8774}$ |
| NO _x | | $35.2135 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.00098 * V^2 - 0.12159 * V + 5.28542$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.06375 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ |
| Camiones livianos Tipo III < 7.5 ton (EURO II o superior) | | PM ₁₀ |
| | CO | $14.912 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $19.6585 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $25.1525 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.0007 * V^2 - 0.060795 * V + 3.7753$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.0595 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ |
| | Camiones livianos Tipo IV < 7.5 ton (EURO III o superior) | PM ₁₀ |
| CO | | $10.438 * V^{-0.6945}$ |
| HCT | | $14.7441 * V^{-0.8774}$ |
| NO _x | | $17.60675 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.00049 * V^2 - 0.060795 * V + 2.64271$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.04165 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ |

Fuente: COPERT III.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 20. Factores de Emisión para Camiones Medianos

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTOR EMISION (gr/km) |
|---|--|--|
| Camiones Medianos Tipo I 7.5 – 16 ton (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | $9.6037 * V^{-0.7259}$ |
| | CO | $37.28 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $40.12 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $92.584 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.0006 * V^2 - 0.0941 * V + 7.7785$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.085 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ |
| | Camiones Medianos Tipo II 7.5 – 16 ton (EURO I o superior) | PM ₁₀ |
| CO | | $18.64 * V^{-0.6945}$ |
| HCT | | $30.09 * V^{-0.8774}$ |
| NO _x | | $64.8088 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.00042 * V^2 - 0.06587 * V + 5.44495$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.06375 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ |
| Camiones Medianos Tipo III 7.5 – 16 ton (EURO II o superior) | | PM ₁₀ |
| | CO | $14.912 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $28.084 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $46.292 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.0003 * V^2 - 0.04705 * V + 3.88925$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.0595 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ |
| | Camiones Medianos Tipo IV 7.5 – 16 ton (EURO III o superior) | PM ₁₀ |
| CO | | $10.4384 * V^{-0.6945}$ |
| HCT | | $19.6588 * V^{-0.8774}$ |
| NO _x | | $32.4044 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.00021 * V^2 - 0.032935 * V + 2.722475$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.04165 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ |

Fuente: COPERT III.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 21. Factores de Emisión para Camiones Pesados

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTOR EMISION (gr/km) |
|--|------------------|-------------------------------------|
| Camiones Pesados Tipo I convencionales (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | $10.933 * V^{-0.7054}$ |
| | CO | $37.280 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $40.12 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $116.16 * V^{-0.5859}$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.175 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1678.7 * V^{-0.4593}$ (V<60 km/h) |
| | | $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ |
| Camiones Pesados Tipo II (EURO I o superior) | PM ₁₀ | $7.10645 * V^{-0.7054}$ |
| | CO | $20.504 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $20.06 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $63.888 * V^{-0.5859}$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.0875 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1678.7 * V^{-0.4593}$ (V<60 km/h) |
| | | $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ |
| Camiones Pesados Tipo III (EURO II o superior) | PM ₁₀ | $2.73325 * V^{-0.7054}$ |
| | CO | $16.776 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $18.054 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $46.464 * V^{-0.5859}$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.07875 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1678.7 * V^{-0.4593}$ (V<60 km/h) |
| | | $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ |
| Camiones Pesados Tipo IV (EURO III o superior) | PM ₁₀ | $1.913275 * V^{-0.7054}$ |
| | CO | $11.7432 * V^{-0.6945}$ |
| | HCT | $12.6378 * V^{-0.8774}$ |
| | NO _x | $32.5248 * V^{-0.5859}$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.055125 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1678.7 * V^{-0.4593}$ (V<60 km/h) |
| | | $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ |

Fuente: COPERT III.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 22. Factores de Emisión para Buses Transporte Público, Rurales, Particulares e Institucionales

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTORES EMISION (gr/km) |
|---|------------------|-------------------------------|
| Buses Transporte Público Convencionales (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | 12.09253*V ^{-0.7360} |
| | CO | 59.003*V ^{-0.7447} |
| | HCT | 43.647*V ^{-1.0301} |
| | NO _x | 89.174*V ^{-0.5185} |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.175 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | 864.1*V ^{-0.4318} |
| Buses Transporte Público EURO I | PM ₁₀ | 5.109585*V ^{-0.7360} |
| | CO | 29.5015*V ^{-0.7447} |
| | HCT | 32.73525*V ^{-1.0301} |
| | NO _x | 62.4218*V ^{-0.5185} |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.13125 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | 1001.3*V ^{-0.4318} |
| Buses Transporte Publico EURO II | PM ₁₀ | 3.14436*V ^{-0.7360} |
| | CO | 23.6012*V ^{-0.7447} |
| | HCT | 30.5529*V ^{-1.0301} |
| | NO _x | 44.587*V ^{-0.5185} |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.1225 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | 1645.9*V ^{-0.4318} |
| Buses Transporte Publico EURO III | PM ₁₀ | 2.201052*V ^{-0.7360} |
| | CO | 16.52084*V ^{-0.7447} |
| | HCT | 21.38703*V ^{-1.0301} |
| | NO _x | 31.2109*V ^{-0.5185} |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.08575 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | 1645.9*V ^{-0.4318} |

Fuente: COPERT III. Para PM10 los factores fueron ajustados en estudio "Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana", CONAMA-Cenma, 2000.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 23. Factores de Emisión para Buses Interurbanos

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTOR EMISION (gr/km) |
|--|-----------------------------|---|
| Buses Interurbanos Convencionales (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | $9.2934 * V^{-0.7373}$ |
| | CO | $63.791 * V^{-0.8393}$ |
| | HCT | $44.217 * V^{-0.8870}$ |
| | NO _x | $125.87 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) $0.0010 * V^2 - 0.1608 * V + 14.308$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.175 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1708 * V^{-0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$ |
| | Buses Interurbanos Euro I | PM ₁₀ |
| CO | | $35.08505 * V^{-0.8393}$ |
| HCT | | $22.1085 * V^{-0.8870}$ |
| NO _x | | $69.2285 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) $0.00055 * V^2 - 0.08844 * V + 7.8694$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.0875 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1708 * V^{-0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$ |
| Buses Interurbanos EURO II | | PM ₁₀ |
| | CO | $28.70595 * V^{-0.8393}$ |
| | HCT | $19.89765 * V^{-0.8870}$ |
| | NO _x | $50.348 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) $0.0004 * V^2 - 0.06432 * V + 5.7232$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.07875 |
| | N ₂ O | 0.03 |
| | NH ₃ | 0.003 |
| | CC | $1708 * V^{-0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$ |
| | Buses Interurbanos EURO III | PM ₁₀ |
| CO | | $20.0942 * V^{-0.8393}$ |
| HCT | | $13.928355 * V^{-0.8870}$ |
| NO _x | | $35.2436 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) $0.00028 * V^2 - 0.045024 * V + 4.00624$ |
| SO ₂ | | (1) |
| CO ₂ | | (2) |
| CH ₄ | | 0.055125 |
| N ₂ O | | 0.03 |
| NH ₃ | | 0.003 |
| CC | | $1708 * V^{-0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$ |

Fuente: COPERT III. Para PM10 los factores fueron ajustados en estudio "Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana", CONAMA-Cenma, 2000.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

Tabla 24. Factores de Emisión para Motocicletas

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FACTORES EMISION (gr/km) |
|-------------------------------------|------------------|--|
| Motocicletas 2 tiempos Convencional | CO | $-0.001*V^2+0.172*V+18.1$ (V<60 km/h) $0.0001*V^2 - 0.05*V + 21.5$ |
| | HCT | $0.0035*V^2-0.409*V+20.1$ (V<60 km/h) $0.0003*V^2 - 0.0524*V + 10.6$ |
| | NO _x | $0.00003*V^2-0.002*V+0.064$ (V<60 km/h) $-0.00002*V^2 -0.0049*V - 0.157$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.15 |
| | N ₂ O | 0.002 |
| | NH ₃ | 0.002 |
| | CC | $0.006300*V^2-0.6028*V+44.40$ (V<60 km/h) $-0.0005*V^2 +0.2375*V + 18.2$ |
| Motocicletas 2 tiempos Tipo I | CO | $-0.0063*V^2+0.715*V-6.9$ (V<60 km/h) $0.0007*V^2 +0.157*V +6.0$ |
| | HCT | $-0.00100*V^2+0.0970*V+3.90$ (V<60 km/h) $-0.0003*V^2 + 0.0325*V + 5.2$ |
| | NO _x | $0.00002*V^2-0.0010*V+0.032$ (V<60 km/h) $-0.00002*V^2 +0.0041*V - 0.152$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.15 |
| | N ₂ O | 0.002 |
| | NH ₃ | 0.002 |
| | CC | $-0.0011*V^2+0.2008*V+17.8$ (V<60 km/h) $-0.001*V^2 +0.2425*V + 14.6$ |
| Motocicletas 4 tiempos Convencional | CO | $0.0139*V^2-1.42*V+55.0$ (V<60 km/h) $0.0009*V^2 + 0.0099*V +17.8$ |
| | HCT | $0.0015*V^2-0.164*V+5.51$ (V<60 km/h) $0.00001*V^2 +0.0005*V + 0.86$ |
| | NO _x | $0.00005*V^2-0.0009*V+0.092$ (V<60 km/h) $0.00002*V^2 +0.0007*V +0.104$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.2 |
| | N ₂ O | 0.002 |
| | NH ₃ | 0.002 |
| | CC | $0.02730*V^2-2.8490*V+98.90$ (V<60 km/h) $0.00210*V^2 -0.1550*V + 29.20$ |
| Motocicletas 4 tiempos Tipo I | CO | $0.00760*V^2-0.7300*V+23.50$ (V<60 km/h) $0.001*V^2 +0.051*V+0.8$ |
| | HCT | $0.00070*V^2-0.0755*V+2.630$ (V<60 km/h) $0.00007*V^2 - 0.0152*V + 1.19$ |
| | NO _x | $0.00005*V^2-0.0007*V+0.137$ (V<60 km/h) $0.00002*V^2 +0.001*V + 0.143$ |
| | SO ₂ | (1) |
| | CO ₂ | (2) |
| | CH ₄ | 0.2 |
| | N ₂ O | 0.002 |
| | NH ₃ | 0.002 |
| | CC | $0.02000*V^2-2.0750*V+77.10$ (V<60 km/h) $0.0013*V^2 -0.0391*V + 23.5$ |

Fuente: COPERT III.

(1) y (2): Se describe en sección 5.1.5.

5.1.5 Emisiones de CO₂ y SO₂

Estas emisiones están directamente relacionadas con los consumos de combustible, asumiéndose para el cálculo de CO₂, que todo el carbono contenido en el combustible es oxidado.

$$ECO_2 = 44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$$

Ecuación 12

Donde,

- CC = Consumo de Combustible
- ECO = Emisiones de CO
- EHCT = Emisiones de HCT
- MP = Emisiones de Material Particulado
- r H:C = Relación entre el hidrogeno y carbono existente en el combustible
 1.8 para gasolina; 2.0 para diesel

En el cálculo de las emisiones de SO₂ se asume que todo el contenido de azufre (S) en el combustible se transforma completamente en SO₂, si consideramos que el peso atómico del azufre es 32 y el del oxigeno 16, el peso final será entonces el doble que el del azufre, siendo su fórmula de cálculo la siguiente:

$$ESO_2 = 2 \times CC \times S_{comb} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde,

- CC = Consumo de Combustible
- S_{comb} = Contenido de azufre en el combustible (en peso m/m)

Para el cálculo de los Inventarios de Emisiones se considerarán los contenidos de Azufre reportados por ENAP, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 25. Contenido de azufre en el diesel por períodos

| Período/Año | DIESEL |
|-------------|--------|
| 2005 | 50 ppm |
| 2010 | 10 ppm |

Fte.: ENAP, Abril 2006.

Tabla 26. Contenido de azufre en las gasolinas por períodos

| Período/Año | GASOLINA |
|-------------|----------|
| 2005 | 30 ppm |
| 2010 | 10 ppm |

Fte.: ENAP, Abril 2006.

5.1.6 Corrección de factores de emisión

5.1.6.1 Corrección por mejoras en combustibles

En base a las metodologías de corrección de factores de emisión indicadas en COPERT III, es factible hacer correcciones a los factores de material particulado, NO_x, CO y COV de acuerdo a las mejoras en la composición de los combustibles, mediante la siguiente ecuación:

$$FE_{Corr} = (F'_{Corr} / F_{Corr}) x FE \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde,

FE_{Corr} = factor de emisión corregido

F'_{Corr} = factor de corrección de vehículos diesel asociado a mejora de combustibles

F_{Corr} = factor de corrección base de vehículos diesel

FE = factor de emisión original

Las ecuaciones de factores de corrección en base a los parámetros asociadas a las características de los combustibles se diferencian en vehículos pesados a diesel y vehículos livianos a diesel, cuyas ecuaciones se muestran en la siguiente tabla. Estas ecuaciones fueron utilizadas para corregir los factores de emisión utilizados dentro del presente estudio.

Tabla 27. Ecuaciones asociadas a factores de corrección de vehículos a diesel¹⁵

| |
|---|
| <p>Veh. Pesados a diesel:</p> $F_{Corr} = [0,06959 + 0,00006 \cdot DEN + 0,00065 \cdot PAH - 0,00001 \cdot CN] \cdot [1 - 0,0086 \cdot (450 - S)/100]$ <p style="text-align: right;">Ecuación 15</p> |
| <p>Veh. Livianos y pasajeros a diesel:</p> $F_{Corr} = [-0,3879873 + 0,0004677 \cdot DEN + 0,0004488 \cdot PAH + 0,0004098 \cdot CN + 0,0000788 \cdot T95] \cdot [1 - 0,015 \cdot (450 - S)/100]$ <p style="text-align: right;">Ecuación 16</p> |
| <p>Donde:</p> <p>DEN = Density at 15°C [kg/m³]</p> <p>S = Sulphur content in ppm</p> <p>PAH = Polycyclic aromatics content in %</p> <p>CN = Cetane number</p> <p>T95 = Back end distillation in °C</p> |

Fuente: Copert III.

5.1.6.2 Corrección por implementación de filtro de partículas

Los factores de emisión de buses licitados presentados en la Tabla 28 correspondientes a buses Euro II, para el escenario de Diseño son corregidos por un factor equivalente al 90% de eficiencia producto de la implementación de filtros de partículas en los buses licitados, cumpliendo así con una de las medidas del PPDA (Capítulo 2, Art. 5).

¹⁵ Ecuaciones ocupadas para F_{Corr} y F'_{Corr}

Los factores de emisión que han sido utilizados en los distintos inventarios de la Región Metropolitana para vehículos livianos, es decir, para vehículos del tipo sedan y station wagon provienen de estudios¹⁶ efectuados por CONAMA RM en donde se midieron emisiones de estos tipos de vehículos en el 3CV¹⁷, independizándose de esta manera de los factores de emisión provenientes de la literatura internacional y del COPERT específicamente, y obteniéndose así factores de emisión más acordes a la realidad local.

Dentro del estudio que está siendo ejecutado actualmente por CONAMA RM denominado “*Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana*” se efectuó una revisión de los factores de deterioro a nivel nacional¹⁸ e internacional, además se utilizó información de mediciones hechas en el 3CV desde el año 1997 a la fecha para vehículos nuevos e información de plantas de revisión técnica. Dentro de este estudio se obtuvieron factores de deterioro para vehículos gasolineros con y sin convertidor catalítico, vehículos diesel con sello verde y vehículos diesel sin sello verde para emisiones de CO, NOX y HCT. Finalmente se obtuvo un factor de emisión corregido por deterioro para cada categoría de vehículo liviano considerado.

La siguiente figura ilustra la composición del parque de vehículos livianos por tipo de vehículo que es considerado dentro del inventario de emisiones según año modelo, es decir, representa el parque circulante al año 2005 distribuido por la edad de cada categoría vehicular. De la figura destaca el marcado incremento del parque en los que respecta los vehículos particulares catalíticos en los últimos 10 años.

¹⁶ “Mejoramiento del inventario de emisiones de la Región Metropolitana”, 2000.

¹⁷ Centro de Control y Certificación Vehicular.

¹⁸ Experimental analysis of emission deterioration factors for light duty catalytic vehicles. Case study: Santiago, Chile”, 2003, Roberto M. Corvalán, David Vargas, Universidad de Chile.

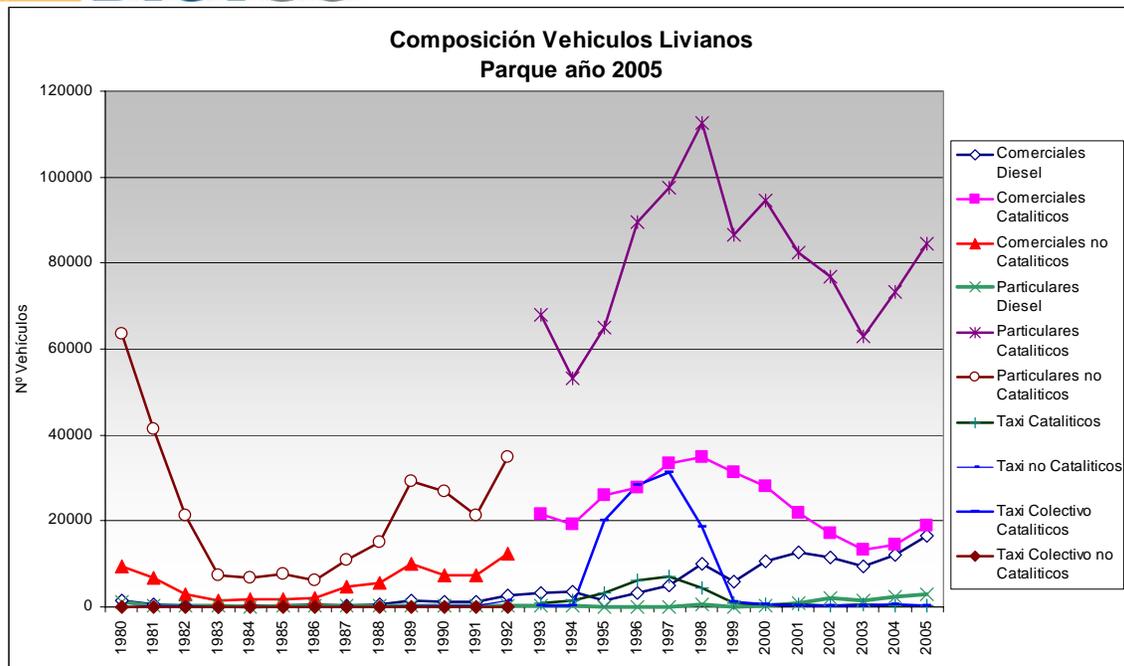


Figura 14. Composición del parque vehículos livianos 2005

La siguiente tabla resume los factores de deterioro anual por contaminante aplicados a cada categoría vehicular para vehículos livianos en el estudio antes señalado.

Tabla 28. Resumen de factores de deterioro anual por contaminante y tipo de vehículo

| Particulares | | Contaminante | | |
|--------------------|----------------|--------------|-----|-----|
| | | CO | NOX | HCT |
| Gasolina | Catalíticos | 8% | 9% | 4% |
| | No Catalíticos | 2% | 4% | 2% |
| Comerciales | | | | |
| Gasolina | Catalíticos | 6% | 12% | 3% |
| | No Catalíticos | 1% | 5% | 3% |
| Diesel | CSV | 8% | 9% | 4% |
| | SSV | 2% | 4% | 2% |

Finalmente, para obtener emisiones considerando los factores de deterioro, se ponderó la emisión total sin deterioro de cada uno de los vehículos en cuestión por la participación año a año del parque de vehículo (año-modelo); luego se obtuvo un factor de corrección a partir de los factores de emisión sin deterioro utilizados originalmente en cada categoría vehicular y los factores de emisión deteriorados obtenidos para cada categoría vehicular por año modelo en el estudio antes citado (evaluado a una velocidad promedio de 40 km/hr). Este factor de corrección fue aplicado directamente a las emisiones originales de cada año por tipo de vehículo, con lo que se obtuvieron las emisiones corregidas por deterioro. En el Anexo V se detallan los factores de emisión asignados a cada año modelo por el estudio.

5.1.7 Cálculo de emisiones

5.1.7.1 Cálculo de emisiones escenario 2005

Las Tabla 35, Tabla 36, y Tabla 37 siguientes muestran los resultados de emisiones correspondientes al escenario 2005 Real, los cuales consideran el deterioro de los vehículos livianos catalíticos, no catalíticos y diesel. Los resultados del escenario 2005 de Diseño del Plan se muestran en el Anexo I.

Tabla 29. Emisiones de fuentes móviles en ruta, sector de red urbana, Escenario 2005 Real.

| Categoría | Sub categoría | PM10 | | | PM2,5 | CO | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------|-------------|----------|----------|
| | | PM10 TE | PM10 DF | PM10 DN | | CO (Total)* | CO (TE) | CO (BFC) |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 65,27 | 40,14 | 0,00 | 19652,73 | 15714,68 | 3938,05 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 0,00 | 15,58 | 9,58 | 0,00 | 85952,37 | 70115,07 | 15837,30 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 0,00 | 9,80 | 6,03 | 0,00 | 3075,31 | 2758,48 | 316,83 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 0,00 | 0,30 | 0,19 | 0,00 | 1394,10 | 1262,85 | 131,25 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,25 | 0,15 | 0,00 | 99,41 | 59,91 | 39,50 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 0,00 | 20,64 | 12,70 | 0,00 | 28380,01 | 23547,07 | 4832,93 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,00 | 5,01 | 3,08 | 0,00 | 33918,30 | 31139,57 | 2778,73 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 214,78 | 5,53 | 3,40 | 197,60 | 832,33 | 832,33 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,18 | 0,11 | 0,00 | 311,32 | 187,57 | 123,75 |
| | Buses particulares | 17,52 | 0,46 | 0,28 | 16,12 | 103,22 | 103,22 | 0,00 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 0,15 | 0,09 | 0,00 | 199,96 | 165,90 | 34,05 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 0,00 | 0,08 | 0,05 | 0,00 | 514,25 | 472,12 | 42,13 |
| Camiones Livianos | Vehículos Escolares a Diesel | 39,31 | 1,01 | 0,62 | 36,16 | 152,33 | 152,33 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Convencional | 39,83 | 1,18 | 1,09 | 36,65 | 391,88 | 391,88 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 37,70 | 1,73 | 1,59 | 34,68 | 285,30 | 285,30 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 22,87 | 1,70 | 1,57 | 21,04 | 224,94 | 224,94 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 128,22 | 1,76 | 1,63 | 117,96 | 586,35 | 586,35 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 75,14 | 1,59 | 1,47 | 69,13 | 264,31 | 264,31 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 42,36 | 1,46 | 1,34 | 38,97 | 193,72 | 193,72 | 0,00 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,00 | 0,49 | 0,15 | 0,00 | 1416,27 | 1416,27 | 0,00 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,00 | 0,91 | 0,28 | 0,00 | 2555,16 | 2555,16 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 0,00 | 6,68 | 4,11 | 0,00 | 2401,58 | 2140,98 | 260,59 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 0,00 | 0,24 | 0,15 | 0,00 | 905,58 | 823,07 | 82,51 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,59 | 0,36 | 0,00 | 182,23 | 109,79 | 72,44 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 188,38 | 2,20 | 2,03 | 173,31 | 704,44 | 704,44 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 86,55 | 1,56 | 1,44 | 79,63 | 273,86 | 273,86 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 23,74 | 1,11 | 1,02 | 21,84 | 159,80 | 159,80 | 0,00 |
| Buses Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 20,96 | 0,85 | 0,52 | 19,28 | 157,82 | 157,82 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 111,59 | 1,99 | 1,23 | 102,66 | 659,87 | 659,87 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|----------------|---------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 80,51 | 2,34 | 1,44 | 74,06 | 618,87 | 618,87 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 2,35 | 0,05 | 0,03 | 2,16 | 10,65 | 10,65 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 3,03 | 0,04 | 0,04 | 2,79 | 13,13 | 13,13 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,17 | 0,06 | 0,03 | 1,07 | 10,60 | 10,60 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,37 | 1,37 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,05 | 0,06 | 0,03 | 4,65 | 28,58 | 28,58 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 4,10 | 0,11 | 0,06 | 3,77 | 30,19 | 30,19 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 3,30 | 0,13 | 0,13 | 3,04 | 24,04 | 24,04 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 1148,77 | 153,09 | 98,17 | 1056,86 | 186686,31 | 158196,26 | 28490,06 |

TE = corresponde a emisiones proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión.

DF = corresponde a emisiones de desgaste de frenos.

DN = corresponde a emisiones provenientes del desgaste de neumáticos.

CO Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

CO TE = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

CO BFC = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)

Tabla 30. Emisiones de fuentes móviles en ruta, sector de red urbana, Escenario 2005 Real (continuación).

| Categoría | Sub categoría | NOx | | | COV | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|
| | | NOx Total | NOx TE | NOx BFC | COV Total | COV TE | COV BFC | COV DR | COV DD | COV DC |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 2213,76 | 1762,65 | 451,10 | 2547,36 | 1433,61 | 484,11 | 175,08 | 252,64 | 201,92 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 6825,91 | 6783,50 | 42,40 | 6614,06 | 3354,20 | 505,45 | 417,91 | 301,53 | 2034,97 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 395,26 | 358,56 | 36,70 | 354,41 | 242,58 | 39,08 | 26,29 | 11,07 | 35,39 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 140,20 | 139,84 | 0,35 | 171,08 | 119,37 | 4,21 | 8,14 | 1,72 | 37,65 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 10,40 | 10,40 | 6,39 | 7,81 | 6,61 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 976,74 | 766,58 | 210,16 | 971,65 | 432,80 | 278,54 | 55,37 | 93,20 | 111,73 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 3284,69 | 3265,73 | 18,97 | 4292,20 | 2909,20 | 180,39 | 134,51 | 113,19 | 954,90 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 710,06 | 710,06 | 0,00 | 112,07 | 112,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 7,97 | 7,70 | 4,75 | 10,43 | 8,63 | 1,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses particulares | 495,95 | 495,95 | 0,00 | 42,32 | 42,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 6,88 | 5,40 | 1,48 | 6,85 | 3,05 | 1,96 | 0,39 | 0,66 | 0,79 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 49,80 | 49,51 | 0,29 | 65,00 | 44,11 | 2,73 | 2,04 | 1,71 | 14,41 |
| | Vehículos Escolares a Diesel | 129,95 | 129,95 | 0,00 | 20,51 | 20,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Livianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 480,90 | 480,90 | 0,00 | 220,44 | 220,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 486,56 | 486,56 | 0,00 | 240,72 | 240,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 571,26 | 571,26 | 0,00 | 155,00 | 155,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 1272,46 | 1272,46 | 0,00 | 330,64 | 330,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 804,82 | 804,82 | 0,00 | 223,56 | 223,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 528,12 | 528,12 | 0,00 | 191,17 | 191,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 3,53 | 3,53 | 0,00 | 552,90 | 552,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 21,05 | 21,05 | 0,00 | 153,60 | 153,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 311,39 | 282,37 | 29,02 | 239,33 | 172,68 | 30,83 | 8,96 | 6,40 | 20,46 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 99,61 | 99,33 | 0,29 | 89,48 | 56,35 | 3,77 | 3,18 | 1,14 | 25,04 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 27,28 | 26,40 | 15,70 | 21,61 | 19,61 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 3306,47 | 3306,47 | 0,00 | 382,52 | 382,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 1285,42 | 1285,42 | 0,00 | 135,19 | 135,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 666,70 | 666,70 | 0,00 | 86,77 | 86,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 610,84 | 610,84 | 0,00 | 84,02 | 84,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 2860,50 | 2860,50 | 0,00 | 301,10 | 301,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 2395,34 | 2395,34 | 0,00 | 329,46 | 329,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 45,69 | 45,69 | 0,00 | 6,09 | 6,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 46,17 | 46,17 | 0,00 | 7,25 | 7,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 33,80 | 33,80 | 0,00 | 6,41 | 6,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,42 | 0,42 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 5,26 | 5,26 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 110,43 | 110,43 | 0,00 | 17,12 | 17,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 104,84 | 104,84 | 0,00 | 20,91 | 20,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 81,35 | 81,35 | 0,00 | 17,17 | 17,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 31407,78 | 30615,87 | 791,91 | 19028,60 | 12440,13 | 1536,08 | 831,88 | 783,25 | 3437,27 |

* NOx (Total) corresponde a la suma de los óxidos de nitrógeno emitidos producto de la combustión en caliente sumado a los gases de combustión emitidos con el motor en frío.

** COV (Total) corresponde a la suma de los compuestos orgánicos volátiles emitidos producto de la combustión en caliente sumado a los gases de combustión emitidos con el motor en frío, más los compuestos orgánicos volátiles emitidos durante el recorrido del vehículo (DR), durante el día (DD) y por detenciones en caliente (DC).

Tabla 31. Emisiones de fuentes móviles en ruta, sector de red urbana, escenario 2005 Real (continuación).

| Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N2O | CH4 | CC | | | KM REC |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------|--------|------------|--------|--------|-------------|-----------|----------|---------------|
| | | | | | | | CC (Total)* | CC (TE) | CC (BFC) | |
| Vehículos Particulares | Vehiculos Particulares Cat. Tipo 1 | 25,61 | 562,01 | 1793258,06 | 425,52 | 277,34 | 450926,27 | 426872,20 | 24054,06 | 8028735003,99 |
| | Vehiculos Particulares No Cataliticos | 6,96 | 3,83 | 485001,89 | 9,58 | 151,04 | 126518,94 | 115950,86 | 10568,09 | 1916434083,08 |
| Vehículos de Alquiler | Vehiculos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 3,85 | 84,39 | 269853,18 | 63,90 | 42,17 | 66180,03 | 64236,56 | 1943,47 | 1205601927,22 |
| | Vehiculos de Alquiler No Cataliticos | 0,14 | 0,07 | 9467,10 | 0,19 | 2,99 | 2351,43 | 2263,27 | 88,16 | 37324742,67 |
| | Vehiculos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,00 | 5023,93 | 0,46 | 2,48 | 1844,15 | 1579,04 | 265,11 | 30955332,66 |
| Vehículos Comerciales | Vehiculos Comerciales Cat. Tipo 1 | 12,00 | 177,75 | 795515,67 | 134,58 | 87,69 | 212351,63 | 200030,16 | 12321,47 | 2539274454,48 |
| | Vehiculos Comerciales No Cataliticos | 2,92 | 1,23 | 192921,67 | 3,70 | 92,52 | 52783,97 | 48590,19 | 4193,77 | 616826156,52 |
| | Vehiculos Comerciales Diesel Tipo 1 | 5,05 | 0,68 | 158386,35 | 11,56 | 3,40 | 50487,33 | 50487,33 | 0,00 | 679850582,53 |
| | Vehiculos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 4588,64 | 0,33 | 1,76 | 1686,17 | 1443,77 | 242,40 | 21956896,80 |
| | Buses particulares | 1,50 | 0,17 | 34388,99 | 1,70 | 7,42 | 15017,67 | 15017,67 | 0,00 | 56518678,81 |
| | Vehiculos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,08 | 1,25 | 5604,91 | 0,95 | 0,62 | 1496,15 | 1409,34 | 86,81 | 17890804,80 |
| | Vehiculos Escolares No Cataliticos | 0,04 | 0,02 | 2924,98 | 0,06 | 1,40 | 800,28 | 736,70 | 63,58 | 9352011,60 |
| Camiones Livianos | Vehiculos Escolares a Diesel | 0,92 | 0,12 | 28986,85 | 2,12 | 0,62 | 9239,91 | 9239,91 | 0,00 | 124422415,22 |
| | Camiones Livianos Diesel Convencional | 1,54 | 0,44 | 48763,28 | 4,37 | 12,39 | 15676,19 | 15676,19 | 0,00 | 145725682,52 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 2,26 | 0,64 | 71118,07 | 6,37 | 13,53 | 22698,84 | 22698,84 | 0,00 | 212181129,96 |
| Camiones Medianos | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 2,22 | 0,63 | 69952,93 | 6,27 | 12,44 | 22240,20 | 22240,20 | 0,00 | 209119189,55 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 3,99 | 0,65 | 124561,21 | 6,50 | 18,42 | 39822,79 | 39822,79 | 0,00 | 216745156,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 3,56 | 0,59 | 112617,58 | 5,86 | 12,46 | 35681,79 | 35681,79 | 0,00 | 195401729,56 |
| Motos | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 3,28 | 0,54 | 103282,49 | 5,37 | 10,65 | 32999,15 | 32999,15 | 0,00 | 179024640,58 |
| | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,11 | 0,12 | 5930,95 | 0,12 | 9,03 | 1891,89 | 1891,89 | 0,00 | 60206830,93 |
| Taxis Colectivos | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,27 | 0,22 | 13991,40 | 0,22 | 22,11 | 4440,22 | 4440,22 | 0,00 | 110544249,41 |
| | Taxis Colectivos Cataliticos Tipo 1 | 3,00 | 57,55 | 209949,45 | 43,58 | 35,38 | 51489,57 | 49977,53 | 1512,03 | 822186742,54 |
| | Taxis Colectivos No Cataliticos | 0,12 | 0,06 | 8430,00 | 0,15 | 3,01 | 2091,30 | 2012,89 | 78,41 | 29185689,81 |
| Camiones Pesados | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,00 | 11681,88 | 1,08 | 5,77 | 4287,81 | 3671,41 | 616,39 | 72132986,51 |
| | Camiones Pesados Diesel Convencional | 8,14 | 0,81 | 254895,44 | 8,13 | 47,43 | 35429,89 | 81501,45 | 0,00 | 271044585,31 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 5,75 | 0,57 | 180699,14 | 5,75 | 16,76 | 82960,93 | 57590,87 | 0,00 | 191582918,25 |
| Buses Licitados | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 4,11 | 0,41 | 128723,29 | 4,10 | 10,76 | 97254,30 | 41084,14 | 0,00 | 136630920,74 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 3,54 | 0,31 | 133384,35 | 3,14 | 8,99 | 81501,45 | 35429,89 | 0,00 | 104791920,61 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 8,30 | 0,74 | 189969,62 | 7,36 | 32,20 | 57590,87 | 82960,93 | 0,00 | 245364892,62 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 9,73 | 0,86 | 366126,23 | 8,63 | 35,24 | 41084,14 | 97254,30 | 0,00 | 287651589,74 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,10 | 0,02 | 3190,97 | | N/E | 1017,33 | 1017,33 | 0,00 | 5491249,38 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 0,18 | 0,04 | 5227,18 | | N/E | 1666,40 | 1666,40 | 0,00 | 6293678,40 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 0,17 | 0,02 | 5306,85 | | N/E | 1691,67 | 1691,67 | 0,00 | 6551174,28 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,00 | 0,00 | 91,46 | | N/E | 29,15 | 29,15 | 0,00 | 101800,70 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,01 | 0,00 | 229,53 | | N/E | 73,19 | 73,19 | 0,00 | 520289,74 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,23 | 0,03 | 7158,29 | | N/E | 2282,12 | 2282,12 | 0,00 | 9249595,31 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 0,51 | 0,04 | 15677,03 | | N/E | 4997,43 | 4997,43 | 0,00 | 12429143,70 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,00 | 17270,74 | | N/E | 5505,19 | 5505,19 | 0,00 | 13469723,17 |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 120,73 | 896,83 | 5874151,58 | 771,64 | 978,01 | 1638087,75 | 1582053,98 | 56033,76 | 18828770599,71 |

* CC (Total) corresponde a la suma del combustible consumido con el motor en caliente sumado al combustible consumido con el motor en frío.

Las siguiente figuras muestran el efecto de considerar el deterioro de los vehículos en las emisiones de vehículos livianos.

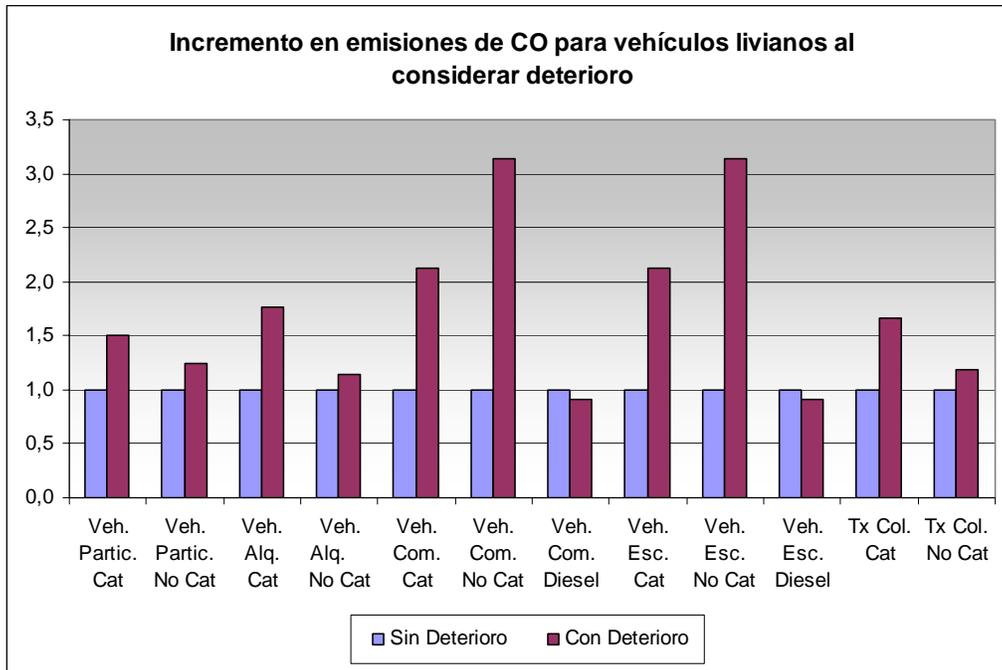


Figura 15. Incremento en emisiones de CO de vehículos catalíticos al considerar deterioro

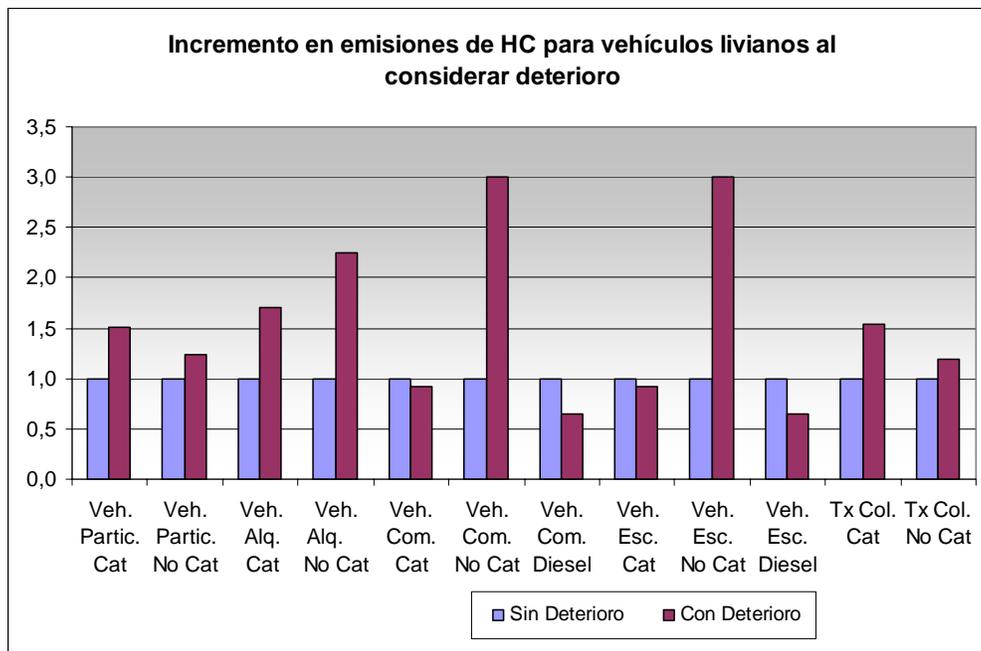


Figura 16. Incremento en emisiones de HC de vehículos catalíticos al considerar deterioro

5.2 Fuentes móviles en carreteras

5.2.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La metodología que se aplica para el cálculo de emisiones en carreteras se basa en la información proporcionada por la Dirección de Vialidad en los departamentos de Estadística y Censo de Tránsito y de Gestión Vial.

Los antecedentes que se requieren en esta etapa son los entregados por el Plan Nacional de Censos de Tránsito. Estos antecedentes se pueden obtener desde la página Web de Vialidad (www.vialidad.cl), no obstante, esta información se presenta en resúmenes y no en formato horario, como se requiere para los tipos de información mencionadas anteriormente.

Básicamente la información viene en series de tiempo de 12 horas y 24 horas para un día característico y estación (primavera, verano e invierno) estratificada por sentido de circulación del tramo de la red.

Con esta información se pueden obtener el flujo para cada categoría vehicular y por mes, por otro lado, con la información de la red vial nacional (http://www.vialidad.cl/documentacion/red_vial_nacional_2004.htm) se obtiene las longitudes de las carreteras que son las mismas que aparecen en la página web de vialidad, con lo cual se obtienen los kilómetros recorridos para las cinco categorías vehiculares.

Una vez calculado los kilómetros recorridos se estima su composición por tecnología vehicular. Dado que las categorías vehicular que manejan en Vialidad son solamente cinco, (livianos, camionetas, buses, camiones de 2 ejes y camiones de más de dos ejes), se aplican las composiciones por tecnología en base al parque vehicular existente en la Región Metropolitana, con lo cual se obtienen los kilómetros recorridos para las distintas categorías vehiculares mediante las composiciones por tecnología en la cual se aplican los factores de emisión para los distintos contaminantes.

Respecto a los factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de vehículos que circulan por carreteras, cabe destacar que los factores utilizados en los inventarios realizados con anterioridad para la Región Metropolitana, y para el presente estudio, no corresponden a factores de emisión que se asocien específicamente a condiciones de marcha y de velocidades de carreteras, sino que corresponden a factores de emisión considerados dentro del cálculo de red urbana, situación que debe ser mejorada en estudios posteriores.

Para aquellos casos en que las ecuaciones que determinan los factores de emisión presentan restricciones en su dominio, por ejemplo ecuaciones que son válidas para un cierto rango de velocidad, el cálculo de carreteras considera el rango de velocidad superior (por ejemplo entre 60 y 120 km/hr). Otro aspecto a tener en cuenta para estudios posteriores se refiere a

considerar modelaciones de velocidad representativas de carreteras ya que los estudios efectuados a la fecha de cálculo de emisiones en carreteras consideran como velocidad promedio 100 km/hr, lo cual se encuentra sobreestimado.

En cuanto a los perfiles mensuales, con los volúmenes de tránsito para cada carretera y para cada periodo se generan los perfiles mensuales los cuales son sumados y se normalizan al mes de marzo.

5.2.2 Nivel de actividad

El nivel de actividad está asociado al flujo de los vehículos que circulan por los arcos, en este caso, por las carreteras.

5.2.3 Cálculo de emisiones

La siguiente Tabla muestran los resultados de emisiones correspondientes al Inventario 2005.

Tabla 32. Emisiones de fuentes móviles en carretera, Inventario 2005.

| Categoría | Sub categoría | PM10 (TE+DF+DN) | PM2,5 | CO | NOx | COV | | |
|--|--|--------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| | | | | | | COV Total | COV TE | COV DR |
| Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 18,30 | 0,00 | 1602,36 | 517,43 | 197,48 | 183,09 | 14,39 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 4,37 | 0,00 | 17982,99 | 707,42 | 327,56 | 293,21 | 34,35 |
| Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 6,01 | 0,00 | 3798,55 | 428,71 | 77,51 | 72,78 | 4,73 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 1,46 | 0,00 | 1876,41 | 416,54 | 71,93 | 60,44 | 11,48 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 18,10 | 15,17 | 86,52 | 63,85 | 13,14 | 13,14 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,05 | 0,00 | 61,22 | 1,25 | 0,63 | 0,63 | 0,00 |
| Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 7,17 | 5,99 | 64,81 | 177,99 | 30,04 | 30,04 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 7,13 | 5,67 | 47,19 | 181,43 | 32,81 | 32,81 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 4,69 | 3,44 | 37,20 | 286,92 | 21,13 | 21,13 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 20,53 | 18,02 | 92,46 | 265,35 | 42,86 | 42,86 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 12,33 | 10,56 | 41,68 | 167,46 | 28,98 | 28,98 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 7,25 | 5,95 | 30,55 | 109,58 | 24,78 | 24,78 | 0,00 |
| Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 14,10 | 12,42 | 60,99 | 375,32 | 33,94 | 33,94 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 5,39 | 4,64 | 19,29 | 118,71 | 9,76 | 9,76 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 6,59 | 5,15 | 45,51 | 248,93 | 25,32 | 25,32 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 1,81 | 1,33 | 11,53 | 63,06 | 6,42 | 6,42 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 14,95 | 13,30 | 71,36 | 305,64 | 14,18 | 14,18 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,56 | 4,74 | 30,06 | 180,25 | 8,96 | 8,96 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 7,36 | 5,99 | 49,43 | 264,67 | 17,19 | 17,19 | 0,00 |
| Cam. Pesados | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,80 | 0,62 | 5,00 | 26,79 | 1,74 | 1,74 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Convencional | 19,79 | 17,53 | 71,89 | 369,37 | 33,33 | 33,33 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 9,29 | 8,07 | 28,00 | 143,86 | 11,80 | 11,80 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 2,78 | 2,22 | 16,38 | 74,79 | 7,59 | 7,59 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | 195,81 | 140,79 | 26131,38 | 5495,33 | 1039,06 | 974,12 | 64,94 |

Tabla 33. Emisiones de fuentes móviles en carretera, Inventario 2005 (continuación)

| Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N2O | CH4 | CC | KM REC |
|--|--|--------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------------|
| Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 3,69 | 90,08 | 195927,27 | 73,90 | 21,87 | 61560,18 | 1394325503,60 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 1,02 | 0,61 | 53298,76 | 17,64 | 8,65 | 16951,57 | 332765707,63 |
| Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 2,55 | 29,23 | 135144,77 | 24,26 | 9,48 | 42475,51 | 457808887,64 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,62 | 0,20 | 32781,30 | 0,67 | 16,69 | 10320,31 | 111234227,57 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 1,04 | 0,11 | 32607,20 | 2,08 | 0,61 | 10394,19 | 122544130,53 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 879,22 | 0,06 | 0,32 | 276,90 | 3959676,94 |
| Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 0,59 | 0,12 | 18405,58 | 1,28 | 3,62 | 5867,74 | 42575353,15 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 0,85 | 0,17 | 26804,92 | 1,86 | 3,95 | 8544,58 | 61998133,31 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 0,84 | 0,17 | 26418,16 | 1,83 | 3,64 | 8420,87 | 61100506,81 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 1,22 | 0,17 | 38354,47 | 1,82 | 5,16 | 12226,70 | 60741717,17 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 1,10 | 0,15 | 34581,39 | 1,64 | 3,49 | 11023,05 | 54762039,13 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 1,01 | 0,14 | 31682,47 | 1,51 | 2,99 | 10098,77 | 50170236,98 |
| Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,88 | 0,13 | 27702,32 | 1,37 | 7,98 | 8830,98 | 45614555,42 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 0,51 | 0,07 | 15932,57 | 0,79 | 2,30 | 5078,53 | 26232059,86 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,21 | 45940,63 | 2,27 | 5,96 | 14643,21 | 75636430,72 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,08 | 16626,62 | 0,82 | 1,51 | 5299,47 | 27373289,59 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,44 | 0,10 | 13847,90 | 1,12 | 6,53 | 4415,06 | 37322625,09 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,43 | 0,09 | 13522,35 | 0,94 | 4,13 | 4310,35 | 31444793,43 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,18 | 45694,50 | 1,94 | 7,92 | 14564,65 | 64639304,91 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,21 | 0,03 | 6608,71 | 0,28 | 0,80 | 2106,41 | 9348444,34 |
| Cam. Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 1,38 | 0,13 | 43209,03 | 1,42 | 8,27 | 13773,46 | 47229212,47 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 0,98 | 0,09 | 30599,37 | 1,00 | 2,93 | 9753,30 | 33444082,58 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 0,70 | 0,07 | 21873,44 | 0,72 | 1,88 | 6971,82 | 23906380,39 |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | 23,51 | 122,31 | 908442,96 | 141,22 | 130,65 | 287907,60 | 3176177299,26 |

5.3 Fuentes Móviles Fuera de Ruta

5.3.1 Maquinarias y aeronaves en aeropuertos

5.3.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Las metodologías presentadas en esta sección consideran todas las posibles fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de las actividades asociadas al aeropuerto Arturo Merito Benítez (AMB). Dichas metodologías se basan en los antecedentes técnicos presentados por el *Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy Washington, DC, 2006*.

A continuación se indican las fuentes consideradas, enmarcadas dentro de la denominación y agrupación definida en el modelo EDMS, *Emissions and Dispersion Modeling System*, preparado por el *Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy*.

Tabla 34. Fuentes emisoras asociadas al Aeropuerto AMB definidas en el EDMS.

- | |
|---|
| a) Aeronaves |
| b) Equipo soporte en tierra y Unidades de poder auxiliar, GSE/APU |
| c) Fuentes Móviles (veh. de acercamiento) |
| d) Fuentes Móviles en Estacionamientos |
| e) Fuentes Estacionarias |
| f) Entrenamiento de Bomberos |

5.3.1.1.1 Aeronaves

El inventario de emisiones atmosféricas generadas por las aeronaves asociadas al aeropuerto AMB, se realiza mediante la sistematización de la información de sus niveles de actividad, que están constituidos por el número de operaciones durante el año por cada tipo de aeronave. La información es recopilada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.).

La actividad o movimiento de interés de las aeronaves en el aeropuerto queda definido por los ciclos LTO¹⁹.

Un ciclo LTO comienza cuando la aeronave desciende de la altitud crucero, se acerca al aeropuerto y aterriza. El segundo paso es la etapa de taxi/idle mientras está en la losa después de aterrizar hasta que apaga motores. Los próximos tres pasos del ciclo corresponden al procedimiento de despegue: taxi/idle hasta posicionarse en la cabeza de la pista, despegue y elevación. Cabe destacar que el cálculo de emisiones en base al ciclo LTO no considera aquella porción del vuelo cuando la aeronave se encuentra a altura

¹⁹ Ciclo LTO: ciclo de aterrizaje y despegue, en inglés Landing and Take-Off Cycle

crucero por sobre la capa de mezcla atmosférica, ya que las emisiones no impactan sobre el aeropuerto propiamente tal.

La caracterización de la flota de aeronaves se realizó utilizando la información del Sistema Estadístico de Tráfico Aéreo de la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile, correspondiente al periodo desde abril de 2004 hasta abril de 2005. Esta Información entrega despegues y aterrizajes para los distintos tipos de aeronaves y porcentaje de utilización de la pista por tipo de aeronave al mes. Los tipos de aeronaves fueron comparados con el Manual de Tipos de Aeronaves de la ICAO²⁰, entre otras fuentes de información, para obtener una correcta identificación de los distintos tipos de aviones y de los motores asociados a cada una de ellos.

La antecedentes técnicos presentados por el *Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy Washington, DC* indican que la metodología general de estimación de emisiones provenientes de las actividades de las aeronaves dentro de aeropuertos debe seguir la siguiente secuencia metodológica:

Tabla 35. Secuencia metodológica internacional

1. Determinar la capa de mezcla atmosférica usada para definir los tiempos asociados a cada una de las fases del ciclo LTO.
2. Determinar el nivel de actividad del aeropuerto representado por el número de ciclos LTO.
3. Definir la flota principal que hace uso del aeropuerto durante el periodo.
4. Seleccionar los factores de emisión a utilizar.
5. Estimar los tiempos en cada uno de los modos o fases del ciclo.
6. Calcular emisiones basadas en el nivel de actividad del aeropuerto, los tiempos definidos por fase del ciclo y los factores de emisión seleccionados.
7. Repetir los pasos 2, 3, 4 y 5 para cada tipo de aeronave que utiliza el aeropuerto

Para el presente estudio, y a modo de planificación de actividades, se sigue la secuencia enunciada, resaltando el hecho de que la herramienta utilizada para el cálculo de emisiones, el sistema EDMS, ya tiene incorporado dentro de su estructuración sistémica cada uno de los requerimientos indicados en la metodología internacional.

En relación a la estimación de los tiempos de las fases de Ascenso (después del despegue) y aproximación (antes del aterrizaje), las guías internacionales proveen factores de emisión por defecto basados en tiempos calculados para una altura de mezcla de 915 metros o 3000 pies. Considerando que en la cuenca de Santiago durante la época de invierno la capa de mezcla tiene una altura promedio de 500 metros y en verano cerca de 1 kilómetro, la estimación de emisiones se realizó con el valor establecido por defecto correspondiente a 914 m, lo que significa que el cálculo se realiza con la condición mas desfavorable para Santiago. Así, mientras mayor es la capa de mezcla mayor serán las emisiones calculadas

²⁰ Internacional Civil Aviation Organization, por sus siglas en inglés

para aeronaves en el ciclo de referencia y que afectan las condiciones de calidad del aire local.

El tiempo asignado a cada una de las fases del ciclo LTO depende del tipo de aeronave. A continuación se muestran los tiempos correspondientes a la aeronave Boeing 737-200 que es el tipo de aeronave que tiene mayor actividad en el aeropuerto:

Tabla 36. Fases Ciclo LTO Boeing 737-200

| Fase | Tiempo en la modalidad de utilización (minutos) |
|-------------------------------|---|
| Despegue | 0,93 |
| Ascenso | 0,95 |
| Aproximación | 3,79 |
| Rodaje/marcha lenta en tierra | 0,34 |

Las emisiones totales por ciclo LTO para un tipo de avión dado son calculadas con la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = TIM_{jk} \times \frac{FF_{jk}}{1000} \times EF_{ijk} \times NE_j$$

TIM_{jk} = Tiempo en minutos asociado al modo k para un avión tipo j.
 FF_{jk} = Flujo de combustible para el modo k (kg/min) para cada motor usado en el tipo de avión j.
 EF_{ijk} = Factor de emisión para el contaminante i para un avión j operando en el modo k del ciclo LTO.
 NE_j = Número de motores usados en el avión tipo j.

Una vez realizado el cálculo para cada tipo de aeronave, las emisiones totales para este tipo de aeronave son calculadas multiplicando las emisiones de un ciclo por la cantidad de ciclos LTO que ese tipo de avión realizó en el año de estudio. De igual manera para obtener las emisiones totales de toda la flota se suman los cálculos realizados para cada tipo de avión.

En definitiva, el nivel de actividad asociado a las aeronaves queda dado por el número de ciclos LTO (Landing Take Off) y el tiempo asociado a cada fase, simulando la duración y estado de carga del motor durante las etapas de acercamiento a la pista, movimiento sobre la pista, despegue y ascenso, las que definen en conjunto un ciclo LTO. La Organización Internacional de Aviación Civil, ICAO, establece los procedimientos de ensayo definidos para los motores de aeronaves y contempla la toma de muestras de gases de escape mientras se efectúa un ciclo LTO de referencia.

5.3.1.1.1 Factores de emisión de aeronaves

Un modelo de aeronave puede usar distintos tipos de motores. En este contexto, el modelo EDMS tiene dentro de su base de datos el listado de factores de emisión por modelo de

avión y tipo de motor específico. Sin embargo, hubo casos en los cuales no se encontró dentro de dicha base de datos la definición de factores para algún tipo de modelo de avión/motor que circula dentro del aeropuerto AMB. Así, para aquellos casos en los cuales no se encontró el factor de emisión específico, la asignación de dicho factor se efectuó asumiendo para dicho avión/motor el nivel de actividad de aquel tipo más representativo dentro del grupo.

5.3.1.1.2 GSE/APU

Los GSE/APU se refieren al equipo en soporte en tierra (GSE por sus siglas en inglés) y a las unidades de poder auxiliar (APU por sus siglas en inglés). En la siguiente figura se muestra el panel de configuración del estudio en la cual se encuentra el tipo de estudio y el tipo de cálculo para los GSE, entre otros.

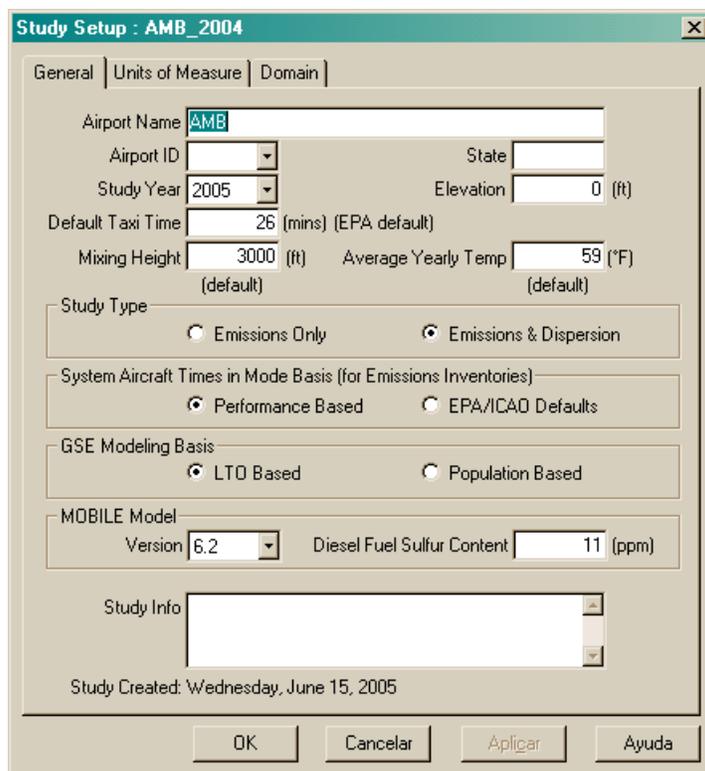


Figura 17. Panel de control del modelo EDMS

Como se muestra en la figura anterior, el modelo EDMS puede ser utilizado en cuanto a GSE/APU por flota de aeronaves (LTO Based) o por la flota de equipos en tierra (Population Based), y el estudio se basó en sus estimaciones de emisiones por flota de aeronaves (LTO Based), con lo cual no fue necesario calcular y utilizar la flota de equipos en tierra.

5.3.1.1.3 Fuentes Móviles (veh. de acercamiento)

El modelo EDMS requiere para el cálculo de emisiones información específica acerca del número de vehículos por tipo de tecnología, velocidad promedio del tipo vehículo y la distancia de ida y vuelta de los arcos (calles y carreteras) por donde circulan los vehículos.

Los factores de emisión que utiliza el modelo EDMS están basados en la metodología MOBILE6, herramienta de la USEPA usada para estimar las emisiones de CO, COV y NO₂. Para los cálculos de emisiones se utilizaron los factores de emisión extraídos del MODEM y fueron ingresados a EDMS.

Cabe destacar que se consideran más representativos los factores de emisión MODEM (los cuales han sido estimados para la flota vehicular de Santiago) que los del MOBILE6 para la realidad del aeropuerto de Santiago, por esta razón se optó por no utilizar la metodología que usa el sistema EDMS por defecto.

Otra de la información que se necesita para las fuentes móviles son las coordenadas de los arcos por donde transitan los vehículos los cuales fueron obtenidos a partir de mapas georreferenciados entregados por la DGAC.

5.3.1.1.4 Fuentes Móviles (estacionamientos)

El modelo EDMS también considera las emisiones que se producen en los estacionamientos de los vehículos que se estacionan en las dependencias del aeropuerto, con lo cual en la siguiente figura se muestra la información que se necesita para estimar las emisiones correspondientes a esta fuente.

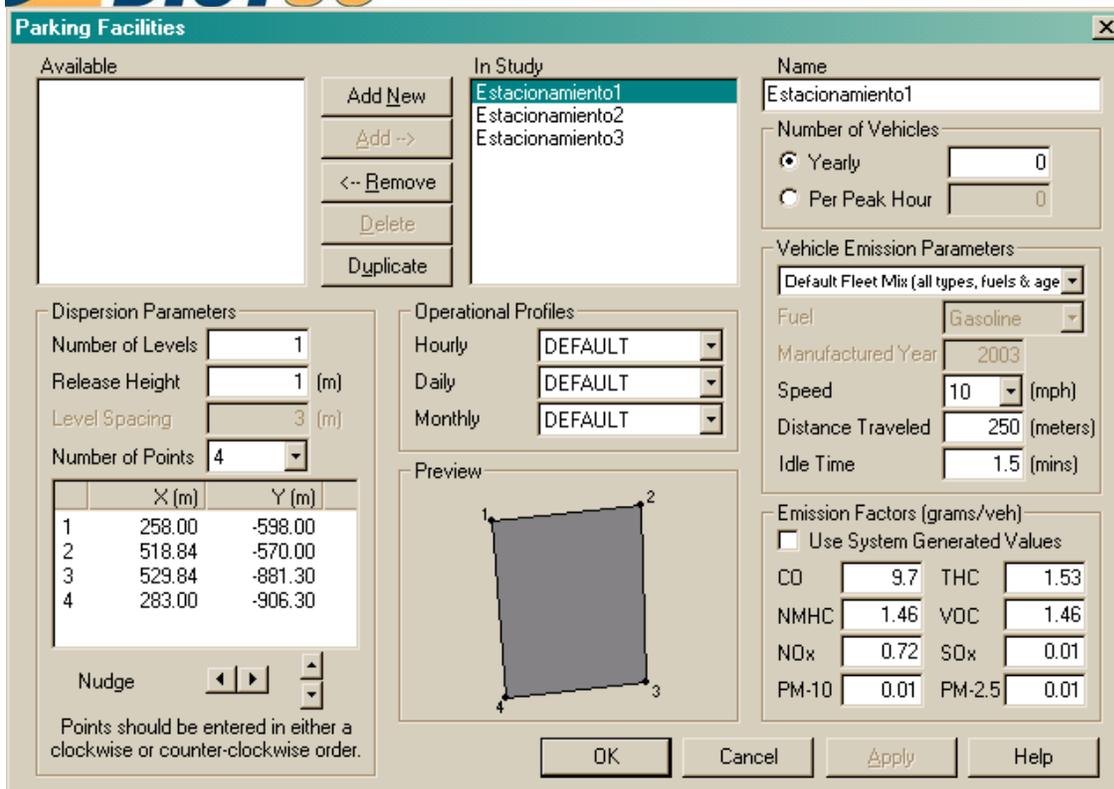


Figura 18. Panel de control de los estacionamientos

La figura anterior muestra las variables que utiliza el modelo EDMS para estimar las emisiones en los estacionamientos de vehículos, los factores de emisión que utilizan los estacionamientos y que se encuentran expresados en gramos / vehículos.

Con la información de los mapas georeferenciados del aeropuerto se estimaron dos estacionamientos en las dependencias de éste, el primer estacionamiento se encuentra al frente del terminal de pasajeros y el segundo estacionamiento se encuentra al frente del terminal de carga. Con la estimación del lugar donde se encuentran los estacionamientos en el aeropuerto se dibuja en el panel de control del sistema EDMS (parking facilities), como se muestra en la figura anterior, el estacionamiento aplicando las coordenadas. En la figura siguiente se detalla la ubicación de los estacionamientos en el aeropuerto.

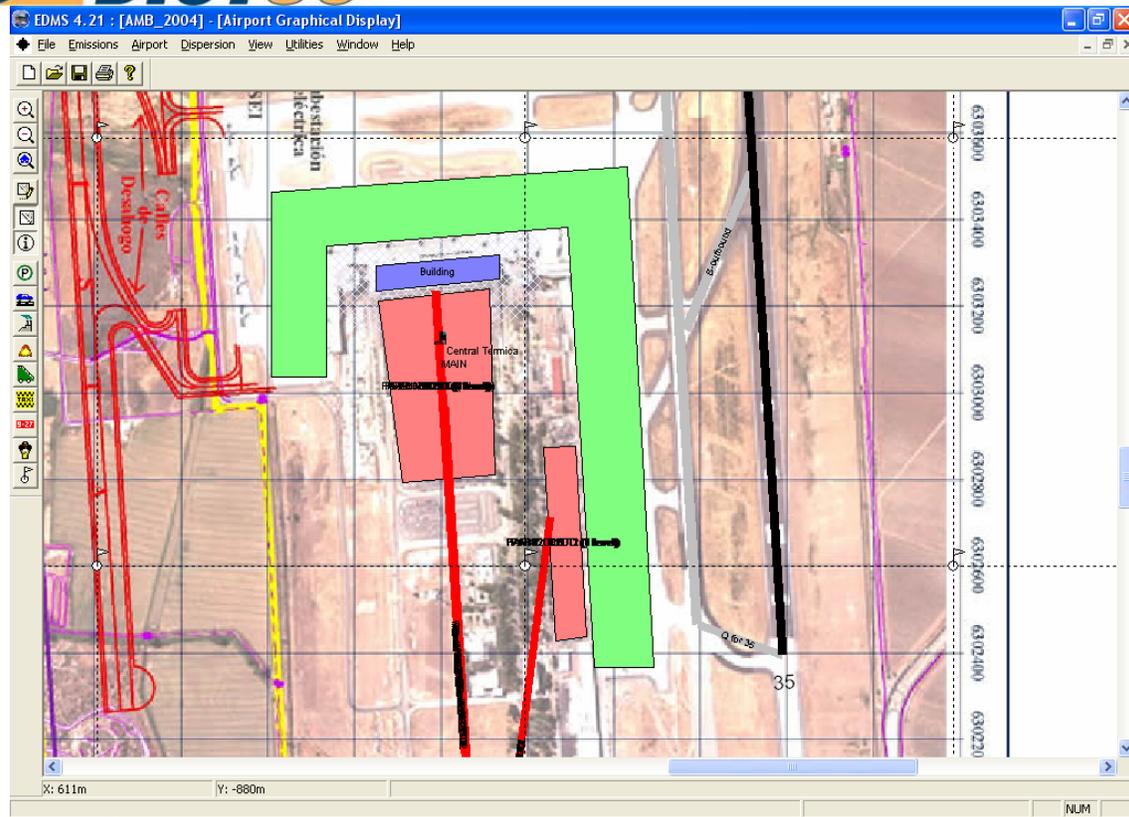


Figura 19. Ubicación de los estacionamientos en el visualizador del modelo EDMS

En la figura se visualizan los estacionamientos que presenta el modelo EDMS, estos se encuentran de color rosado.

5.3.1.1.5 Fuentes Estacionarias

En cuanto a las fuentes estacionarias, éstas se agregan en un módulo que contiene características técnicas y físicas de las fuentes, este módulo se presenta en la siguiente figura.

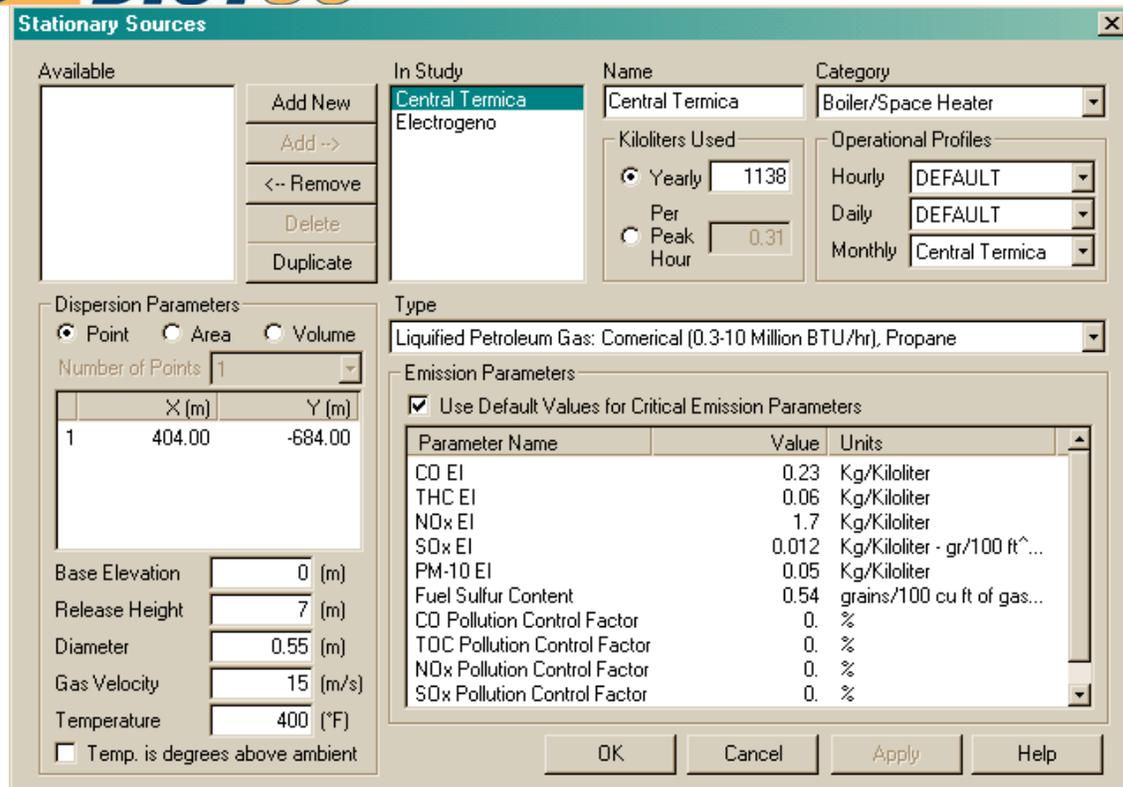


Figura 20. Panel de control de las fuentes estacionarias

Como se puede apreciar en la figura anterior, el módulo de fuentes estacionarias requiere conocer la fuente que se va a estudiar, agregar los perfiles temporales de las fuentes y conocer el tipo de combustible que utilizan en sus procesos. Otra información importante que se considera en el módulo de fuentes estacionarias es referente a las coordenadas UTM en donde se encuentran dichas fuentes y sus características técnicas, las cuales se pueden apreciar en la figura anterior.

En cuanto a la información que se encuentra disponible y que fue facilitada por los organismos pertinentes, se informan de dos fuentes estacionarias, las cuales corresponde a calderas y grupos electrógenos.

Para los factores de emisión, se pueden usar por defecto o ser digitalizadas, en este caso su utilizaron los factores de emisión por defecto dado que no se tiene información nacional al respecto.

5.3.1.1.6 Entrenamiento de Bomberos

Este módulo estima las emisiones que se producen por los entrenamientos que realiza el cuerpo de bomberos en las dependencias del aeropuerto, entrenamientos que realizan en

caso de que se produzca algún accidente. En la Figura 30 se muestra el panel referente a los entrenamientos de bomberos.

Como se puede apreciar en el módulo, para estimar las emisiones en esta fuente se necesita información de coordenadas UTM donde se realizan los entrenamientos; el combustible que utilizan en los entrenamientos; y los perfiles operacionales de los entrenamientos.

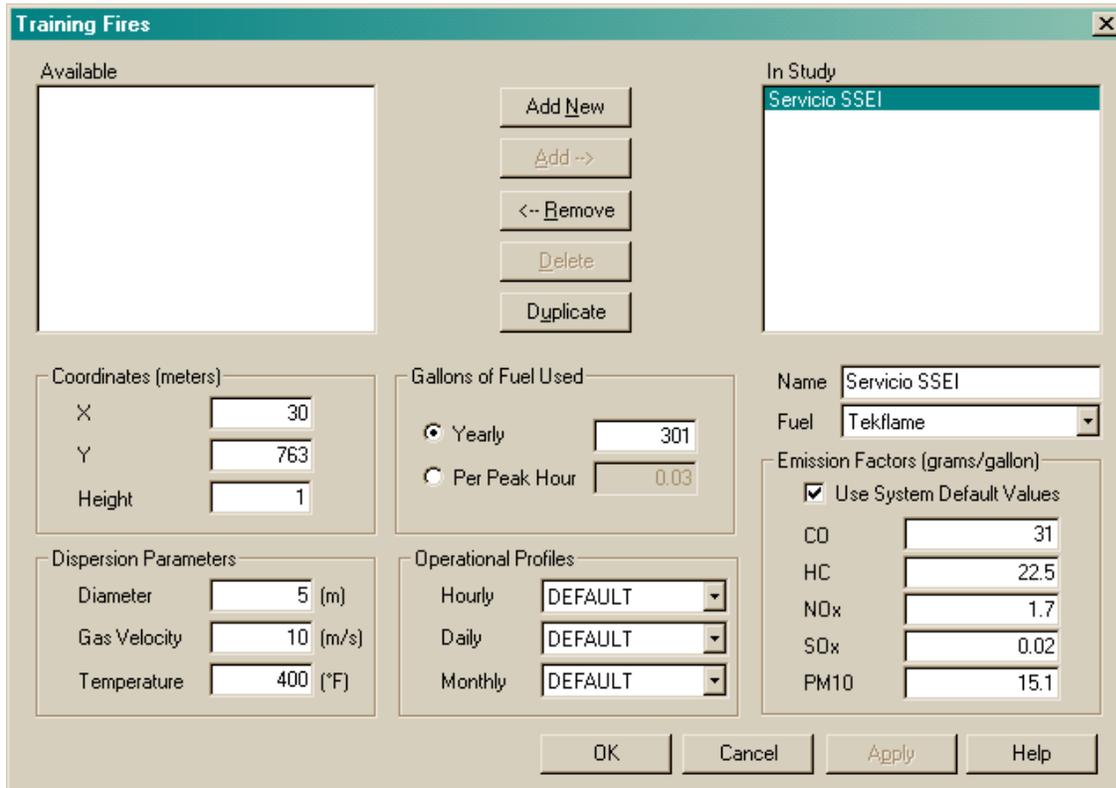


Figura 21. Panel de control de los entrenamientos de bomberos

En cuanto a los factores de emisión estos se expresan en gramos/galones, y se utilizaron valores por defecto dados por el programa.

5.3.1.2 Nivel de actividad

5.3.1.2.1 Aeronaves

Las características emisoras de una aeronave dependen del tipo y número de motores que ésta tenga. Según estas características de la aeronave la DGAC, entregó un listado de los aviones con sus frecuencias de aterrizaje y despegues.

La tabla a continuación muestra un listado con las aeronaves que representan el mayor porcentaje de utilización de pistas para el aeropuerto Arturo Merino Benítez. El nivel de actividad en este caso está representado por el número de ciclos LTO (Landing Take Off).

Tabla 37. Lista de aviones de la DGAC y ciclos LTO.

| Id | TIPO AERONAVE | Ciclo LTO |
|-----------|-----------------------------------|------------------|
| 1 | B732-737-200 SURVEILLER/BOEING | 12781 |
| 2 | B763-767-300/BOEING | 50345 |
| 3 | A320-A-320/AIRBUS | 3190 |
| 4 | A319-A319 | 1823 |
| 5 | A340-A-340/AIRBUS | 1215 |
| 6 | A322 | 975 |
| 7 | B737-737-700 BBJ/BOEING | 802 |
| 8 | B707-VC137/BOEING | 759 |
| 9 | C206-C206 STATIONER 6/CESSNA | 713 |
| 10 | B772-BOENIG 777-200 | 551 |
| 11 | D228-228/DORNIER | 420 |
| 12 | B762-767-200/BOEING | 381 |
| 13 | A346 | 354 |
| 14 | B733-737-300/BOEING | 332 |
| 15 | MD80-MD81 82/M.DOUGLAS | 326 |
| 16 | F100-F100/FOKKER | 323 |
| 17 | A343-AIRBUS A-340-300 | 309 |
| 18 | BE20-S.KING AIR200/BEECH | 285 |
| 19 | PA31-PA31 31P NAVAJO/PIPER | 266 |
| 20 | C150-C150/CESSNA | 263 |
| 21 | MD11-MD11/M.DOUGLAS | 232 |
| 22 | C130-AYA L100/LOCKHEED | 229 |
| 23 | DC10-MCDONNELL DOGLAS (KC-10) | 228 |
| 24 | C550-CITATION II-S2/CESSNA | 217 |
| 25 | B744-747-400/BOEING | 198 |
| 26 | C525-CITATIONJET 525/CESSNA | 184 |
| 27 | C650-CITATION III/CESSNA | 181 |
| 28 | PA34-PA34 SENECA/PIPER | 163 |
| 29 | B722-727-200/BOEING | 160 |
| 30 | B764-BOEING 767-400 | 155 |
| 31 | B735-737-500/BOEING | 154 |
| 32 | B738-BOEING 737-800 | 146 |
| 33 | PA28-PA28 ARCHER/PIPER | 135 |
| 34 | C182-C182 SKYLANE/RG/CESSNA | 130 |
| 35 | C210-C210 CENTURION II/CESSNA | 121 |
| 36 | RGL | 112 |
| 37 | GLF4-GULFSTREAM AEROSPACE G-1159C | 110 |
| 38 | B105-B105A C D S/MBB | 108 |
| 39 | PA25-PA25 PAWNEE/PIPER | 107 |
| 40 | PAY1-PIPER PA-31T1-500 CHEYENNE1 | 107 |

| | | |
|----|-------------------------------------|-----|
| 41 | B767-767/400/BOEING | 104 |
| 42 | B703-707-300/BOEING | 78 |
| 43 | B752-757-200/BOEING | 72 |
| 44 | MD88-MD88/M.DOUGLAS | 72 |
| 45 | B06 | 66 |
| 46 | MD83-BOEING/MCDONELL DOUGLAS | 63 |
| 47 | B727-B727 | 59 |
| 48 | DHC6-DHC6 TWIN OTTER/DE HAVILLAND | 55 |
| 49 | LJ35-35C R VU/LEARJET | 52 |
| 50 | BE65-BE65-QUEEN AIR U-8F/BEECH | 51 |
| 51 | UH1 | 49 |
| 52 | C551-CITATION II-SP/CESSNA | 49 |
| 53 | B742-747-200 E24 VC25/BOEING | 48 |
| 54 | C172-C172 SKYHAWK MESCALERO/CESSNA | 48 |
| 55 | ASTR-AJ1125/ASTRA | 47 |
| 56 | C560-CESSNA 560 CITATION 5/5 ULTRA | 42 |
| 57 | P31T-CHEYENNE I II/PIPER | 41 |
| 58 | C421-GOLDE EAGLE 421/CESSNA | 40 |
| 59 | BE9L-BE9L-90 A90-E90 K.AIR/BEECH | 37 |
| 60 | BK17-BK117/MBB KAWASAKI | 36 |
| 61 | BE23-23 MUSKETEER/SUNDOWNER/BEECH | 32 |
| 62 | B412-B421 | 30 |
| 63 | B747-747-100/200/300/BOEING | 27 |
| 64 | F5 | 27 |
| 65 | TBM7-TBM700/AEROSPATIALE | 27 |
| 66 | B721-727-100 C22/BOEING | 25 |
| 67 | F900-FALCON 900/D.BRUGUET | 25 |
| 68 | PAY2-PA31T1/PIPER | 25 |
| 69 | B757-757-300/BOEING | 24 |
| 70 | CL60-CL600-601-604 CHALLENGER/CANAD | 24 |
| 71 | FK10-F100/FOKKER | 24 |
| 72 | GLF5-GULFSTREAM AEROSPACE | 22 |
| 73 | EC30-EUROCOPTER EC-130 | 20 |
| 74 | MIRA-M3 5 50/D.BRUGUET | 20 |
| 75 | C152-C152/CESSNA | 19 |
| 76 | C303-CRUSADER 303/CESSNA | 17 |
| 77 | SBR1-NA265 SABRE40 60 65/ROCKWELL | 17 |
| 78 | B12 | 16 |
| 79 | B741-BOEING 747-100 | 14 |
| 80 | C17 | 14 |
| 81 | EC35-EC135/EUROCOPTER | 14 |
| 82 | P-180 | 14 |
| 83 | H25B-BRITISH AEROSPACE/RAYTHEO | 13 |
| 84 | C212-UIRAPURU A122SA/AEROTEC | 13 |
| 85 | CN35-CN235/CASA | 13 |
| 86 | ALH | 12 |

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

80

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 87 | B407-B407/BELL | 12 |
| 88 | AS50-ECUREUIL AS350/AEROSPATIALE | 12 |
| 89 | BE58-58 BARON/BEECH | 12 |
| 90 | C650-CESSNA 560 CITATION 5/5 ULTRA | 12 |
| 91 | B743-747-300/BOEING | 10 |
| 92 | BE36-36 BONANZA/BEECH | 10 |
| 93 | - | 9 |
| 94 | GLEX-BOMBARDIER | 9 |
| 95 | H60 | 9 |
| 96 | LJ25-GATES LEARJET - LEAR JET | 9 |
| 97 | PA38-PA38 TOMAHAWK/PIPER | 9 |
| 98 | C750-CESSNA 750 CITATION 10 | 8 |
| 99 | UH1H-205 214A/B/BEEL | 8 |
| 100 | BE55-BE55-BARON COCHIE/BEECH | 7 |
| 101 | LJ60-60/LEARJET | 7 |
| 102 | PILL-CHEROKEE/PIPER | 7 |
| 103 | SW4 | 7 |
| 104 | F2TH-DASSAULT FALCON 2000 | 7 |
| 105 | PUMA-PUMA SA330/AEROSPATIALE | 7 |
| 106 | AS35-AEROPASTIALE AS-335 | 6 |
| 107 | C500-CITATION I/CESSNA | 6 |
| 108 | E3CF | 6 |
| 109 | BE33-33 DEBONAIR-BONANZA E-24/BEECH | 5 |

Fuente: DGAC, 2004-2005

5.3.1.2.2 Fuentes Móviles (vehículos de acercamiento)

Para estimar un perfil diario de actividad se basó en el perfil diario de actividad estimado para el flujo de aeronaves, estimando que la actividad vehicular se inicia un par de horas antes que el de aeronaves y termina un par de horas después, con esto se generó un perfil diario de vehículos, el cual se muestra en la siguiente figura:

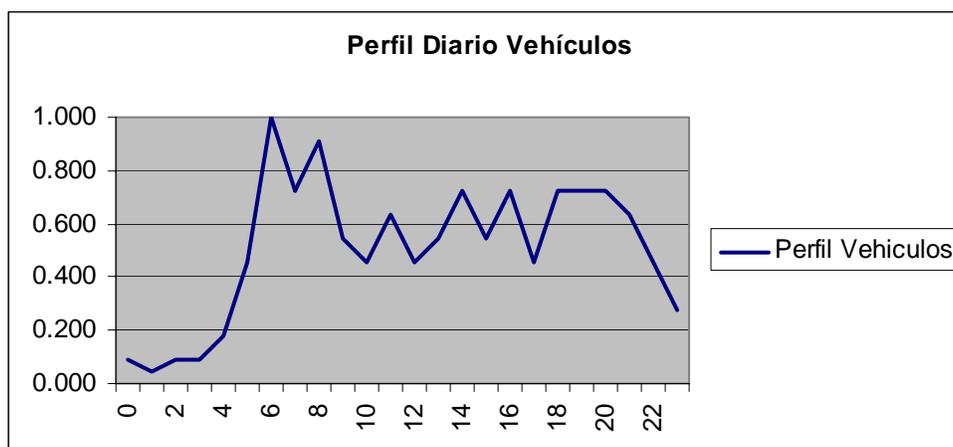


Figura 22. Perfil diario de vehículos

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

81

5.3.1.2.3 Fuentes Móviles (Estacionamientos)

No fue posible obtener información acerca del número de vehículos que se estacionan en el aeropuerto por lo que se asumió que de los vehículos que ingresan al aeropuerto, el 50% se estaciona y el 50 % restante solo toma y deja pasajeros. Otro supuesto que se realizó es que todos los vehículos de carga que ingresan al aeropuerto se estacionan en el terminal de carga.

5.3.1.2.4 Fuentes Estacionarias

En cuanto a los niveles de actividad que presentan las fuentes estacionarias, éstas fueron informadas por la DGAC por medio del Centro Regional de Mantenimiento, el cual entregó información con respecto a los grupos electrógenos que operan en el aeropuerto. Este informe indica el consumo de combustible por hora, el tipo de combustible que utilizan y cuántos equipos funcionan, además de sus características técnicas. En cuanto a las calderas la información la entregó la DGAC indicando la cantidad de equipos que funcionan, consumos de combustibles, tipos de combustibles y sus características técnicas, además de sus perfiles operacionales diarios (días al mes de funcionamiento) y mensuales (meses al año de funcionamiento).

5.3.1.2.5 Entrenamiento de Bomberos

El nivel de actividad de esta fuente fue facilitada por los organismos pertinentes e ingresada al modelo EDMS. Se recibió información de los horarios que realizan las actividades, no así de planillas o datos en los cuales se detalle de simulacros que realicen en el año.

5.3.1.3 Cálculo de emisiones

A continuación, se presenta un resumen de las emisiones generadas por las distintas fuentes asociadas a las actividades del aeropuerto AMB para el escenario 2005, las cuales fueron calculadas por el modelo EDMS.

Tabla 38. Emisiones asociadas a aeropuerto AMB, escenario 2005

| Fuente | CO | COV | NOx | SOx | PM10 | PM2.5 |
|------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
| Aeronaves | 590,4 | 210,0 | 448,4 | 36,3 | - | - |
| GSE/APU | 1289,9 | 48,9 | 79,7 | 8,3 | 2,4 | 2,4 |
| F. Móviles | 51,7 | 10,2 | 13,5 | 0,7 | 0,2 | - |
| Estacionamientos | 11,7 | 1,2 | 1,6 | 0,1 | - | - |
| F. Estacionarias | 0,6 | 0,2 | 3,4 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Entre. Bomberos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total (ton/año) | 1944,3 | 270,5 | 546,6 | 45,5 | 2,8 | 2,6 |

5.3.2 Maquinaria Vehicular

Los tipos de maquinaria terrestre considerada dentro del presente estudio son aquellas asociadas a maquinaria agrícola y a maquinaria de construcción que operan dentro de la Región Metropolitana.

La fuente de información para fuentes móviles fuera de ruta es:

- Maquinaria Agrícola por comuna existente en la Región Metropolitana según fuente INE e información de plantas de revisión técnica de la Región.
- Maquinaria promedio utilizada en obras de construcción y el número de obras realizadas en la Región.

5.3.2.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Para el cálculo de emisiones de fuentes móviles fuera de ruta se utiliza la metodología EPA descrita en el documento “EPA420-P-04-009, April 2004, NR-009c, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling--Compression-Ignition”. Estas fuentes serán consideradas como fuentes de zona. Lo anterior debido a la dificultad de localizar geográficamente el lugar de emisión. Esta metodología especifica la siguiente ecuación:

$$E_{i,k} = EF_i * T_k * C_k * W \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- $E_{i,k}$: Emisiones del contaminante i producidas por un vehículo tipo k [gr]
 EF_{ik} : Factor de emisión del contaminante i para los vehículos tipo k [gr/hp-h]
 T_k : Tiempo de operación promedio de los vehículos del tipo k [h]
 C_k : Porcentaje de carga (respecto a la potencia nominal) durante la operación normal de los vehículos tipo k
 W : Potencia nominal [hp]

El factor de emisión debe ser ajustado según:

$$EF_{\text{adj}} (\text{HC}, \text{CO}, \text{NO}_x) = EF_{\text{SS}} * \text{TAF} * \text{DF} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- EF_{adj} : Factor de emisión ajustado (g/hp-hr).
 EF_{SS} : Factor de emisión en caliente (g/hp-hr). (Tabla 47)
 TAF : Factor de ajuste transiente. (Tabla 48)
 DF : Factor de deterioro.

Tabla 39. Consumo de combustible y factores de emisión para HC, CO, NO_x Y PM según potencia de motor y tecnología.

| 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 ^b | 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 ^b | 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 ^b | 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 |

Fuente: AP42 EPA

(Continuación Tabla anterior)

| Engine Power (hp) | Technology Type | BSFC (lb/hp-hr) | Emission Factors (g/hp-hr) | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | | | HC | CO | NO _x | PM |
| >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 |
| >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 | 3.0000 | 0.30 |
| | 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 | 0.276 | 0.0092 |
| >175 to 300 | Base | 0.367 | Vary by application, see NEVES | | | |
| | 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 |

Fuente: AP42 EPA

(Continuación Tabla anterior)

| Engine Power (hp) | Technology Type | BSFC (lb/hp-hr) | Emission Factors (g/hp-hr) | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------------|--------|
| | | | HC | CO | NO _x | PM |
| >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 |
| | 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 | 0.076 | 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 | 0.076 | 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 | 0.076 | 0.460 | 0.069 |
| | Tier 4N | | 0.1314 | 0.076 | 0.460 | 0.0184 |

Fuente: AP42 EPA

Tabla 40. Factor de ajuste transiente según tipo de maquinaria.

| SCC | Equipment Type | Cycle | TAF Assignment | HC | CO | NO _x | | PM | | BSFC |
|------------|--|-----------|----------------|---------|---------|-----------------|--------|-------------|--------|---------|
| | | | | Base-T3 | Base-T3 | Base, T0-T2 | Tier 3 | Base, T0-T2 | Tier 3 | Base-T3 |
| 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 | RTLoader | Hi LF | 1.05 | 1.53 | 0.95 | 1.04 | 1.23 | 1.47 | 1.01 |
| 2270002060 | Construction Equipment Rubber Tire Loaders | RTLoader | 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 Equipment | Crawler | Hi LF | 1.05 | 1.53 | 0.95 | 1.04 | 1.23 | 1.47 | 1.01 |
| 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 | RTLoader | 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 |
| 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 |

| SCC | Equipment Type | Cycle | TAF Assignment | HC | CO | NO _x | | PM | | BSFC |
|------------|--|-----------|----------------|------|------|-----------------|---------|-------------|--------|------|
| | | | | | | Base-T3 | Base-T3 | Base, T0-T2 | Tier 3 | |
| 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 |
| 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 | RTLeader | Hi LF | 1.05 | 1.53 | 0.95 | 1.04 | 1.23 | 1.47 | 1.01 |
| 2270007010 | Logging Equipment Shredders > 6 HP | RTLeader | Hi LF | 1.05 | 1.53 | 0.95 | 1.04 | 1.23 | 1.47 | 1.01 |
| 2270007015 | Logging Equipment Forest Equipment | RTLeader | Hi LF | 1.05 | 1.53 | 0.95 | 1.04 | 1.23 | 1.47 | 1.01 |
| 2270006005 | Airport Service Equipment Airport Support Equipment | RTLeader | 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 |

Fuente: AP42 EPA

Factor de deterioro asociado:

$$DF = 1 + A * (\text{factor de edad})^b \quad \text{Para factor de edad} \leq 1$$

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

A : Constante según tipo de contaminante/tecnología (Tabla 41).

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

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas}_\text{acumuladas} * \text{factor}_\text{de}_\text{carga})}{\text{vida}_\text{media}_\text{a}_\text{carga}_\text{completa}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Tabla 41. Factor de deterioro (A) para motores diesel fuera de ruta

| 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 |

Fuente: AP42 EPA

Factor de ajuste PM10:

La emisión de PM depende del contenido de sulfuro en el combustible, por tanto el factor de emisión para PM se calcula usando:

$$EF_{adj} (PM) = EF_{SS} * TAF * DF - S_{PMadj} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$S_{PMadj} = BSFC * 453.6 * 7.0 * soxcnv * 0.01 * (soxbas - soxdsl) \quad \text{Ecuación 21}$$

BSFC : Uso de combustible (lb/hp-hr)

453.6 : conversión de libras a gramos.

7.0 : gramos de PM sulfato / gramos PM sulfuro

S_{PMadj} : Factor de ajuste de emisión por variación de contenido de sulfuro en el combustible.

soxcnv : gramos PM sulfuro por 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

Existe un valor base para soxcnv = 0.02247 y para soxbas el valor por defecto es de 0.33.

5.3.2.2 Niveles de actividad

La fuente de información para fuentes móviles fuera de ruta es la siguiente:

- Maquinaria Agrícola por comuna existente en la Región Metropolitana según fuente INE, información de Plantas de Revisión Técnica de la Región y maquinaria registrada en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados.
- Maquinaria promedio utilizada en obras de construcción y superficie edificada por comuna en la Región. (información entregada por profesionales del área de la construcción y registros INE, respectivamente).

5.3.2.2.1 Niveles de actividad maquinaria agrícola

Según información INE, en la Región Metropolitana para el año 2005 existía un parque de 759 tractores agrícolas, distribuidos espacialmente de la forma en que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 42. Distribución de tractores agrícolas por comunas año 2005

| COMUNA | Tractores | COMUNA | Tractores | COMUNA | Tractores |
|------------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|-----------|
| SANTIAGO | 6 | MACUL | 2 | SAN JOSÉ DE MAIPO | 0 |
| CERRILLOS | 0 | MAIPÚ | 3 | COLINA | 24 |
| CERRO NAVIA | 2 | ÑUÑO A | 1 | LAMPA | 1 |
| CONCHALÍ | 13 | P A CERDA | 19 | TILTIL | 7 |
| EL BOSQUE | 0 | PEÑALOLÉN | 9 | SAN BERNARDO | 9 |
| ESTACIÓN CENTRAL | 0 | PROVIDENCIA | 2 | BUIN | 100 |
| HUECHURABA | 2 | PUDAHUEL | 2 | CALERA DE TANGO | 24 |
| INDEPENDENCIA | 4 | QUILICURA | 5 | PAINE | 80 |
| LA CISTERNA | 0 | QUINTA NORMAL | 0 | MELIPILLA | 111 |
| LA FLORIDA | 3 | RECOLETA | 0 | ALHUÉ | 2 |
| LA GRANJA | 0 | RENCA | 0 | CURACAVÍ | 87 |
| LA PINTANA | 0 | SAN JOAQUÍN | 8 | MARÍA PINTO | 116 |
| LA REINA | 1 | SAN MIGUEL | 2 | SAN PEDRO | 5 |
| LAS CONDES | 4 | SAN RAMÓN | 0 | TALAGANTE | 38 |
| LO BARNECHEA | 2 | VITACURA | 1 | EL MONTE | 34 |
| LO ESPEJO | 1 | PUENTE ALTO | 3 | ISLA DE MAIPO | 9 |
| LO PRADO | 0 | PIRQUE | 3 | PADRE HURTADO | 8 |
| | | | | PEÑAFLOR | 6 |

Fuente: INE

5.3.2.2.2 Niveles de actividad maquinaria de construcción

El nivel de actividad de este tipo de fuente se asocia al número de horas promedio de funcionamiento de cada una de las maquinarias utilizadas en obras de edificación en función de los metros cuadrados de emplazamiento.

Se consideraron los siguientes tipos de maquinaria: retroexcavadora chica, retroexcavadora, compactadoras, vibradores de hormigón y gruas. Estas son las maquinarias más utilizadas en construcciones de uno y más pisos, según información entregada por constructoras de la Región Metropolitana y por expertos en el área de la construcción.

En las siguientes Tabla 50, Tabla 51 y Tabla 52, se especifica la maquinaria considerada según número de pisos edificados y según la superficie construida de emplazamiento. A partir de esta información es posible determinar el número de horas promedio utilizadas al año por comuna.

Tabla 43 Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo.

| Pisos | M2 prom. | Excavación de Fundación | | Retroexcavadora | | Compactador | | | | | |
|-------|------------|------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--------------|--------------------|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Retroexcavadora chica (gato) | | | | Doble Tambor | | Placa | | Pata pata hidro pison | |
| | | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso prom. | Nª | Horas de uso prom. | Nª | Horas de uso promedio |
| 1 | 60 | 1 | 3,50 | | | | | 1 | 1,50 | | |
| 2 | 80 | 1 | 5,00 | | | | | 1 | 2,50 | | |
| 3 | 200 | | | 1 | 8,00 | 1 | 6,50 | 1 | 6,00 | 1 | 3,00 |
| 4 | 350 | | | 1 | 8,00 | 1 | 27,30 | 1 | 10,50 | 1 | 5,25 |

Tabla 44 Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo.

| Pisos | M2 promedio | Grua | | Retroexcavadora | | Compactador | | | | | |
|-------|-------------|------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Nª | Horas de uso promedio | | | Doble Tambor | | Placa | | Pata pata hidro pison | |
| | | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso promedio | Nª | Horas de uso promedio |
| 5 | 500 | 1 | 312,50 | 1 | 70,00 | 1 | 60,94 | 1 | 37,50 | 1 | 18,75 |
| 6 | 500 | 1 | 406,25 | 1 | 70,00 | 1 | 60,94 | 1 | 37,50 | 1 | 18,75 |
| 7 | 500 | 1 | 528,13 | 1 | 70,00 | 1 | 60,94 | 1 | 37,50 | 1 | 18,75 |
| 8 | 500 | 1 | 686,56 | 1 | 70,00 | 1 | 60,94 | 1 | 37,50 | 1 | 18,75 |
| 9 o + | 500 | 1 | 892,53 | 1 | 70,00 | 1 | 60,94 | 1 | 37,50 | 1 | 18,75 |

Tabla 45 Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo

| Motor Gasolinero chico vibrar hormigón (6 hp) | | | | |
|---|-------------|--------|-----------------------|-----------------|
| Pisos | M2 promedio | Número | Horas de uso promedio | |
| | | | Fundación | Llenado cadenas |
| 1 | 60 | 1 | 1,50 | 3,00 |
| 2 | 80 | 1 | 2,25 | 4,50 |
| 3 | 200 | 1 | 6,30 | 12,60 |
| 4 | 350 | 1 | 11,03 | 22,05 |
| 5 | 500 | 1 | 51,19 | 102,38 |
| 6 | 500 | 1 | 81,90 | 163,80 |
| 7 | 500 | 1 | 81,90 | 196,56 |
| 8 | 500 | 1 | 81,90 | 235,87 |
| 9+ | 500 | 1 | 81,90 | 283,05 |

5.3.2.3 Cálculo de emisiones

A continuación se presenta la estimación de emisiones efectuada, separada en maquinaria agrícola y maquinaria de construcción:

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

91

a) Maquinaria Agrícola

La información disponible de maquinaria agrícola corresponde a la publicada por INE, correspondiente a 759 tractores agrícolas, y que no especifica potencia de estos. Se utilizó la potencia y el año de fabricación promedio de los tractores incluidos en la información entregada por las plantas de revisión técnica.

Se utilizaron valores de factor de carga de 78% obtenido del documento AP42 y una utilización promedio anual de 800 horas²¹. Se consideró un factor de edad > 1 debido a que no se cuenta con información exacta de la antigüedad de la maquinaria.

Tabla 46. Total emisiones tractores Región metropolitana año 2005 (Ton/año)

| | Tractores | HC | CO | NOx | PM |
|----------|------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| TOTAL RM | 759 | 35.1 | 203.8 | 216.2 | 39.1 |

²¹ ASAE (1995); Benedetti y Gallegos (1983); Panel de Expertos, Departamento de Mecanización y Energía, Universidad de Concepción (1996)

Tabla 47. Emisión de contaminantes por comuna para tractores agrícolas año 2005 (Ton/año)

| Comuna | Nº Tractores | HC | CO | NOx | PM |
|-----------------|--------------|-------|--------|--------|-------|
| Santiago | 6 | 0.277 | 1.611 | 1.709 | 0.309 |
| Cerro Navia | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Conchalí | 13 | 0.600 | 3.490 | 3.703 | 0.669 |
| Huechuraba | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Independencia | 4 | 0.185 | 1.074 | 1.139 | 0.206 |
| La Florida | 3 | 0.139 | 0.805 | 0.854 | 0.154 |
| La Reina | 1 | 0.046 | 0.268 | 0.285 | 0.051 |
| Las Condes | 4 | 0.185 | 1.074 | 1.139 | 0.206 |
| Lo Barnechea | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Lo Espejo | 1 | 0.046 | 0.268 | 0.285 | 0.051 |
| Macul | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Maipú | 3 | 0.139 | 0.805 | 0.854 | 0.154 |
| Ñuñoa | 1 | 0.046 | 0.268 | 0.285 | 0.051 |
| P. A. Cerda | 19 | 0.877 | 5.101 | 5.412 | 0.978 |
| Peñalolén | 9 | 0.416 | 2.416 | 2.563 | 0.463 |
| Providencia | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Pudahuel | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Quilicura | 5 | 0.231 | 1.342 | 1.424 | 0.257 |
| San Joaquín | 8 | 0.369 | 2.148 | 2.279 | 0.412 |
| San Miguel | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Vitacura | 1 | 0.046 | 0.268 | 0.285 | 0.051 |
| Puente Alto | 3 | 0.139 | 0.805 | 0.854 | 0.154 |
| Pirque | 3 | 0.139 | 0.805 | 0.854 | 0.154 |
| Colina | 24 | 1.108 | 6.444 | 6.836 | 1.236 |
| Lampa | 1 | 0.046 | 0.268 | 0.285 | 0.051 |
| Tiltil | 7 | 0.323 | 1.879 | 1.994 | 0.360 |
| San Bernardo | 9 | 0.416 | 2.416 | 2.563 | 0.463 |
| Buín | 100 | 4.618 | 26.849 | 28.482 | 5.149 |
| Calera De Tango | 24 | 1.108 | 6.444 | 6.836 | 1.236 |
| Paine | 80 | 3.694 | 21.479 | 22.785 | 4.119 |
| Melipilla | 111 | 5.126 | 29.802 | 31.615 | 5.716 |
| Alhué | 2 | 0.092 | 0.537 | 0.570 | 0.103 |
| Curacaví | 87 | 4.018 | 23.359 | 24.779 | 4.480 |
| María Pinto | 116 | 5.357 | 31.145 | 33.039 | 5.973 |
| San Pedro | 5 | 0.231 | 1.342 | 1.424 | 0.257 |
| Talagante | 38 | 1.755 | 10.203 | 10.823 | 1.957 |
| El Monte | 34 | 1.570 | 9.129 | 9.684 | 1.751 |
| Isla De Maipo | 9 | 0.416 | 2.416 | 2.563 | 0.463 |
| Padre Hurtado | 8 | 0.369 | 2.148 | 2.279 | 0.412 |
| Peñaflor | 6 | 0.277 | 1.611 | 1.709 | 0.309 |

b) Maquinaria de Construcción

Como se explicó anteriormente, no fue posible obtener la información que se solicitó al Registro Nacional de Vehículos Motorizados, por lo tanto se utilizó una metodología alternativa, donde, se considerará la potencia promedio de la maquinaria de acuerdo a la información disponible en las plantas de revisión técnica.

Los valores de factor de carga se obtuvieron de la EPA 420-P-04-005, Abril 2004, “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling”. Se consideró un factor de edad > 1 debido a que no se cuenta con información exacta de la antigüedad de la maquinaria.

Los valores utilizados fueron los siguientes:

Tabla 48. Valores utilizados para Factor de Carga y Potencia, según tipo de maquinaria

| Maquinaria | Ck | W (Hp) |
|----------------------------|------|--------|
| Retroexcavadora Chica | 0,5 | 80 |
| Retroexcavadora | 0,53 | 228 |
| Cargador Frontal | 0,5 | 80 |
| Compactador | 0,8 | 40 |
| Vibrador de Hormigon Chico | 0,8 | 10 |
| Grua | 0,3 | 5 |

Tabla 49. Total emisiones maquinaria de construcción Región metropolitana año 2005 (Ton/año)

| | HC | CO | NOx | PM |
|----------|--------|--------|---------|--------|
| TOTAL RM | 12,753 | 59,915 | 182,210 | 14,342 |

Tabla 50. Emisión de contaminantes por comuna para maquinaria de construcción año 2005 (Ton/año)

| Comuna | TOTAL MAQUINARIA CONSTRUCCIÓN_2005 | | | |
|------------------|------------------------------------|--------|--------|-------|
| | HC | CO | NOx | PM |
| Santiago | 2,749 | 10,983 | 42,830 | 2,936 |
| Cerrillos | 0,094 | 0,681 | 0,909 | 0,126 |
| Cerro Navia | 0,014 | 0,102 | 0,136 | 0,019 |
| Conchalí | 0,004 | 0,030 | 0,039 | 0,005 |
| El Bosque | 0,012 | 0,089 | 0,118 | 0,017 |
| Estación Central | 0,021 | 0,123 | 0,263 | 0,025 |
| Huechuraba | 0,537 | 2,338 | 8,024 | 0,590 |
| Independencia | 0,139 | 0,580 | 2,129 | 0,150 |
| La Cisterna | 0,033 | 0,161 | 0,454 | 0,035 |

| | | | | |
|---------------------|-------|--------|--------|-------|
| La Florida | 0,143 | 0,840 | 1,771 | 0,173 |
| La Granja | 0,003 | 0,020 | 0,027 | 0,004 |
| La Pintana | 0,026 | 0,189 | 0,253 | 0,035 |
| La Reina | 0,056 | 0,340 | 0,674 | 0,069 |
| Las Condes | 3,100 | 12,713 | 47,696 | 3,339 |
| Lo Barnechea | 0,243 | 1,422 | 2,981 | 0,295 |
| Lo Espejo | 0,003 | 0,019 | 0,025 | 0,003 |
| Lo Prado | 0,037 | 0,178 | 0,505 | 0,039 |
| Macul | 0,348 | 1,397 | 5,418 | 0,373 |
| Maipú | 0,470 | 3,034 | 5,189 | 0,590 |
| Ñuñoa | 0,823 | 3,295 | 12,795 | 0,878 |
| Pedro Aguirre Cerda | 0,002 | 0,013 | 0,018 | 0,002 |
| Peñalolén | 0,181 | 1,270 | 1,816 | 0,239 |
| Providencia | 0,926 | 3,699 | 14,421 | 0,988 |
| Pudahuel | 0,117 | 0,836 | 1,135 | 0,156 |
| Quilicura | 0,193 | 1,328 | 1,986 | 0,252 |
| Quinta Normal | 0,007 | 0,047 | 0,063 | 0,009 |
| Recoleta | 0,274 | 1,137 | 4,192 | 0,296 |
| Renca | 0,059 | 0,369 | 0,669 | 0,072 |
| San Joaquín | 0,023 | 0,117 | 0,317 | 0,025 |
| San Miguel | 0,650 | 2,663 | 9,999 | 0,698 |
| San Ramón | 0,013 | 0,095 | 0,127 | 0,018 |
| Vitacura | 0,186 | 0,790 | 2,818 | 0,202 |
| Puente Alto | 0,314 | 2,181 | 3,191 | 0,412 |
| Pirque | 0,017 | 0,126 | 0,167 | 0,023 |
| San José De Maipo | 0,001 | 0,011 | 0,014 | 0,002 |
| Colina | 0,211 | 1,522 | 2,034 | 0,283 |
| Lampa | 0,193 | 1,392 | 1,860 | 0,259 |
| Tiltil | 0,006 | 0,042 | 0,055 | 0,008 |
| San Bernardo | 0,097 | 0,700 | 0,938 | 0,130 |
| Buín | 0,040 | 0,285 | 0,382 | 0,053 |
| Calera De Tango | 0,032 | 0,228 | 0,307 | 0,042 |
| Paine | 0,046 | 0,334 | 0,447 | 0,062 |
| Melipilla | 0,107 | 0,770 | 1,023 | 0,143 |
| Alhué | 0,006 | 0,041 | 0,055 | 0,008 |
| Curacaví | 0,034 | 0,246 | 0,330 | 0,046 |
| María Pinto | 0,006 | 0,043 | 0,056 | 0,008 |
| San Pedro | 0,005 | 0,038 | 0,051 | 0,007 |

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

| | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Talagante | 0,026 | 0,186 | 0,248 | 0,035 |
| El Monte | 0,027 | 0,192 | 0,256 | 0,036 |
| Isla De Maipo | 0,015 | 0,111 | 0,147 | 0,021 |
| Padre Hurtado | 0,024 | 0,172 | 0,229 | 0,032 |
| Peñaflor | 0,059 | 0,396 | 0,620 | 0,076 |

5.4 Fuentes Areales

5.4.1 Fuentes Residenciales

5.4.1.1 Combustión residencial

5.4.1.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Las emisiones de esta fuente de área se producen al quemar algún tipo de combustible en las residencias particulares, ya sea para los usos de calefacción, calentar agua o la cocción de alimentos.

Los combustibles que se estudian en esta sección son los que se indican en la tabla siguiente.

Tabla 51. Combustibles asociados a las emisiones provenientes de la combustión residencial

| Combustibles asociados a combustión residencial |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kerosene • Gas licuado GLP • Gas natural GN • Gas de ciudad – gas propano diluido GPD • Leña |

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible por un factor de emisión, de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$E = FE \cdot Na$$

Ecuación 22

Donde:

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

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

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

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión residencial, ésta se efectúa mediante dos métodos de asignación comunal del consumo de combustible, dependiendo si para el combustible en cuestión se cuenta con información de

consumo comunal o bien si se debe efectuar una distribución comunal del consumo regional mediante variables de distribución.

a) Metodología de asignación de consumo comunal mediante encuestas o datos estadísticos de consumo comunal directos

Para aquellos casos en los cuales se tiene información de la cantidad de combustible consumido en cada comuna, se utiliza esta información privilegiándola por sobre metodologías estimativas de distribución comunal (ver metodología (b)). Para el caso de la leña, en el presente capítulo se realiza un análisis de la información disponible (distintas fuentes) cuyo objetivo fue la obtención directa de niveles de consumo a nivel comunal.

b) Metodología de asignación de consumo comunal mediante indicadores de poderes de compra por quintiles de ingreso

Para los casos en los cuales solo se cuenta con información de consumo a nivel regional, se hace necesario aplicar una metodología para distribuir los niveles de actividad o emisiones al menos a nivel comunal con el objeto de generar los inventarios de emisiones con la resolución espacial mínima requerida por los modelos de calidad del aire. Para estos fines durante el desarrollo de los primeros inventarios de emisiones de la R.M. fue desarrollada una metodología de distribución comunal que puede depender de manera directa del nivel poblacional por comuna o bien mediante una combinación del nivel poblacional, niveles de ingreso y consumos relativos de un determinado bien o servicio (“poder de compra”). Dicha metodología se encuentra actualmente implementada dentro del modelo de emisiones SAIE. A continuación se listan las etapas que componen esta metodología:

- A partir de la encuesta CASEN 2003 se obtienen quintiles de ingreso y su respectiva población en cada comuna.
- Luego se obtiene el gasto promedio mensual de la población asociado a cada combustible a partir de la V ENCUESTA DE PRESUPUESTOS FAMILIARES INE.
- Con esta información se obtiene un indicador de poder de compra para cada quintil de ingreso por comuna, como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 23
- Al consumo total de cada combustible en la RM se le aplica el poder de compra específico para cada combustible, obteniéndose el porcentaje de consumo calculado (ver a modo de ejemplo Figura 24) para cada comuna y quintil.

Los inventarios anteriores efectuados por CONAMA RM han utilizado esta metodología de distribución de consumo comunal por ingreso para todos los combustibles asociados a la combustión residencial.

Para el presente estudio esta metodología será utilizada para la obtención del consumo comunal de kerosene, gas licuado, gas natural y gas de ciudad.

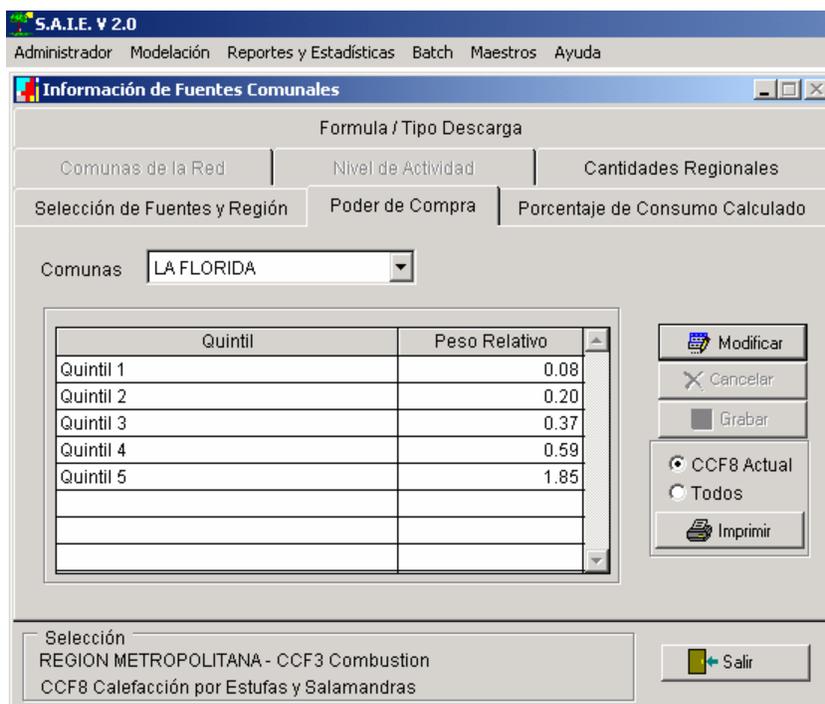


Figura 23. Imagen del SAIE con indicadores de poder de compra por quintil y comuna

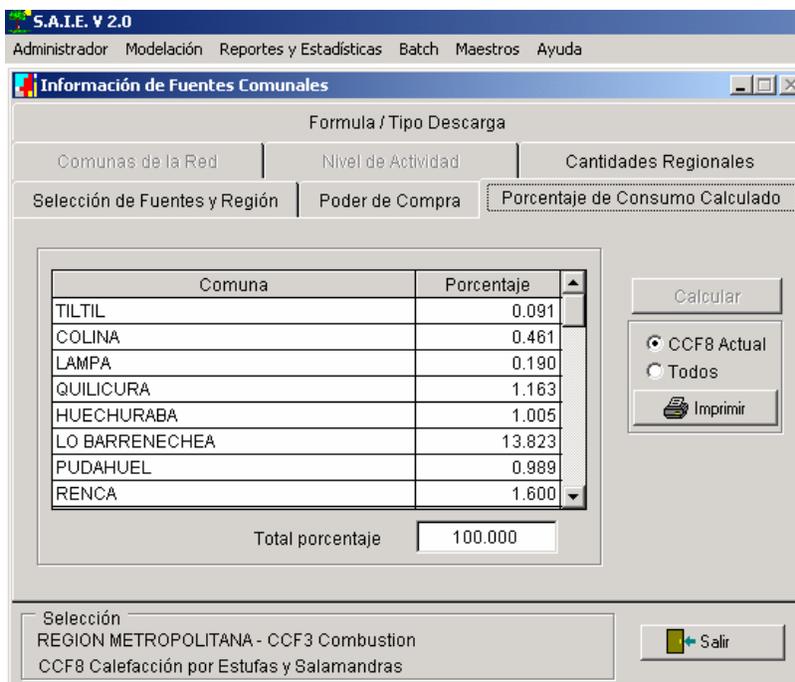


Figura 24. Imagen del SAIE, porcentajes de consumo calculado

- **Factores de emisión para GLP, GC, GN y Kerosene**

Los factores de emisión para GLP, GC, GN y Kerosene provienen de dos fuentes de información, una corresponde al AP-42 de la EPA y la otra de la Agencia Ambiental de California (CARB). Para el caso del SO₂ se tienen los factores de emisión proporcionados por Metrogas y Gasco y para NH₃ por RADIAN en el año 1991. Estos valores se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 52. Factores de Emisión por Combustión Residencial.

| Combustible | TOC | CO | NO _x | MP | Unidad |
|-----------------------|--------|--------|-----------------|--------|-----------------------------------|
| GLP ² | 87,47 | 221,68 | 1090,42 | 33,55 | Kg/1000 m ³ |
| GN ¹ | 180,00 | 640,00 | 1500,00 | 182,80 | Kg/10 ⁶ m ³ |
| Gas de Ciudad | 180,00 | 640,00 | 1500,00 | 182,80 | Kg/10 ⁶ m ³ |
| Kerosene ² | 298,73 | 599,13 | 2156,88 | 299,57 | Kg/1000 m ³ |

1: Fuente: AP-42, EPA.

2 : Fuente: CARB.

3: Corresponde a SO₂

Tabla 53. Factores de Emisión por Combustión Residencial.

| Combustible | SO ₂ | Unidad |
|-------------|-----------------|-----------------------------------|
| GLP | 1,40 | Kg/1000 m ³ |
| GN – GC | 10,00 | Kg/10 ⁶ m ³ |
| Kerosene | 3.567,06 | Kg/1000 m ³ |

Fuente: A partir de información proporcionada por METROGAS y GASCO.

Tabla 54. Factores de Emisión de NH₃ para Combustibles de Uso Residencial

| Combustible | NH ₃ | Unidad |
|-------------|----------------------------|-------------------|
| GLP | 3,780 x 10 ⁻³ | Kg/Ton |
| GN | 8,339 x 10 ⁻³ | Kg/m ³ |
| GC | 2,64827 x 10 ⁻⁶ | Kg/m ³ |

Fuente: RADIAN, 1991.

- **Factores de emisión para leña**

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible por un factor de emisión, de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$E_i = FE_{ij} \cdot N_{aj}$$

Ecuación 23

Donde:

E_i : Emisiones del contaminante i en estudio [ton/año]

FE_{ij} : Factor de emisión del contaminante i en estudio para un artefacto del tipo j, [Ton/kg combustible]

N_{aj} : Nivel de actividad, definido en este caso por el consumo anual de combustible asociado al artefacto j [kg/año]

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión residencial de leña, ésta se efectúa directamente en función del nivel de detalle de la información de consumo de combustible disponible, por ejemplo, a nivel comunal o a nivel de distrito censal o bien mediante el uso de factores de distribución, en el caso que sólo se posea información agregada del consumo.

Como punto de partida para la correcta selección de factores de emisión, para el consumo de leña residencial se partió por efectuar una recopilación de los principales factores de emisión disponibles y utilizados en estudios realizados a nivel nacional.

Por otra parte, es importante mencionar que en términos generales, para el caso de la combustión residencial, los factores de emisión están en función del tipo de equipo de combustión, donde cada factor internaliza condiciones de quemado, como por ejemplo: especie de la leña, su contenido de humedad y la carga o alimentación de la leña al equipo de combustión.

a) Factores de emisión utilizados en inventarios anteriores de la RM: CENMA – DICTUC.

La metodología utilizado en los inventarios disponibles para la R.M en cuanto a la quema residencial de leña, se basa en el estudio, “Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área metropolitana de Santiago” PRIEN-CNE, del año 1992. Para esta metodología, se hace una distinción entre consumidores de leña formales (altos recursos) e informales (bajos recursos.)

El estudio de PRIEN-CNE realizó la medición de emisiones de gases y material particulado para distintos equipos de combustión a leña utilizando métodos recomendados por la EPA, con el objeto de proponer factores de emisión por tipo de equipo. La tabla siguiente resume algunos antecedentes de dicho estudio.

Tabla 55. Año del estudio de la CNE, equipos considerados y sus características

| Año del Estudio | 1992 |
|--------------------------------|--|
| Equipos Medidos | Estufas doble cámara: marca BOSCA, Winter y Calpolo. |
| | Estufas simple a leña |
| | Salamandras con carga frontal y vertical |
| | Chimenea abierta tradicional (con un buen control de tiraje) |
| | Chimeneas modelo insert: con una carga de leña de 1,5 a 3,0 Kg/hr. |
| Especie de leña | Eucaliptus |
| Condición de leña seca | 15% de humedad. |
| Condición de leña verde | 35% de humedad. |

A continuación se presentan los resultados de los factores de emisión para los distintos tipos de equipos. La Tabla siguiente muestra la proposición realizada en el estudio de la CNE de uso de factores de emisión, según el tipo de combustión en abierta o cerrada.

Nótese que los FE propuestos por la CNE corresponden a Partículas Totales en Suspensión (PTS), No obstante en base a perfiles de especiación por tamaño disponibles del Especiate de la EPA, es posible asumir que un 100% del PTS corresponde a MP_{2.5}.

Tabla 56. FE¹ por tipo de equipo a leña (g/kg)

| Equipo | PTS | SO _x | NO _x | COV | CO | PAH | Benzo ² | Aldehídos Totales | Formal-dehídos |
|-------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|----------|------|--------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Estufas doble cámara | 7.0 | -- | 1.18 | 35.5 | 48.9 | 0.0602 | 0.0134 | 0.43 | 0.21 |
| Salmandra (carga frontal) | 8.0 | -- | 1.68 | 0.31 | 37.4 | 0.0426 | 0.0071 | 0.57 | 0.28 |
| Salmandra (carga vertical) | 8.5 | -- | 1.76 | 11.5 | 31.9 | 0.0945 | 0.0012 | 0.7 | 0.47 |
| Estufa simple | 5.7 | -- | 1.12 | 13.1 | 20.9 | 0.0173 | 0.0046 | 0.51 | 0.24 |
| Chimenea abierta | 16.6 | -- | 2.00 | 0.72 | -- | 0.089 | 0.024 | 1.45 | 0.61 |
| Chimenea modelo insert ³ | 3.6-20.1 | -- | 1.02-1.72 | 7.3-82.7 | -- | 0.0148-0.134 | 0.0038-0.0186 | -- | -- |

1 Las emisiones son para leña de especie eucalipto seca, con un 15% de humedad.

2 Benzo corresponde a la suma de benzoantraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, diobenzo antraceno y benzo perileno.

3 El modelo insert es un modelo diseñado que reemplaza a la chimenea tradicional al ser colocada en el hogar de esta última. Los valores límites del intervalo de emisión dependen de la carga de leña correspondiente a 1,5 a 3,0 Kg/hr.

Fuente: CNE. Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área Metropolitana de Santiago. 1992.

La siguiente Tabla entrega los factores de emisión que se han empleado para confeccionar los inventarios anteriores en CONAMA R.M.

Tabla 57. FE para equipos de quema cerrada y abierta utilizadas en los inventarios de CONAMA R.M. (g/kg)

| Equipo | PTS | CO | CH ₄ | HCNM | NO _x | PAH | Benzo | Aldehídos Totales | Formal-Dehídos |
|--|------|------|-----------------|---------------|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| Estufas y Salamandras | 7.3 | 34.8 | 0.2-22.1 (***) | 0.1-13.4 (**) | 1.44 | 54x10 ⁻³ | 7.6x10 ⁻³ | 0.55 | 0.30 |
| Chimeneas y otros equipos de quema abierta | 16.6 | (*) | 0.5 | 0.2 | 2.0 | 89x10 ⁻³ | 24x10 ⁻³ | 1.45 | 0.61 |

Fuente: Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área Metropolitana de Santiago. 1992.

(*): En el estudio no se propone factor para el CO y en los inventarios se tomaba el mismo valor que para quema cerrada 34,8

(**): Para la R.M se utilizaba el valor 6,8

(***): Para la R.M. se utilizaba el valor 11,15

En el caso de Amoniaco se utilizaba el valor 1,088 tanto para quema cerrada como quema abierta. No fue posible encontrar la fuente. Posiblemente RADIAN 1991.

b) Factores de emisión utilizados en inventario de emisiones IX región, CONAMA año 2002.

En el marco del estudio: “*Estimación de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Combustión Residencial a Leña en las Comunas de Temuco y Padre las Casas, IX Región Septiembre de 2001*”, fueron utilizados los factores de emisión presentados en la Tabla 58. Es importante destacar que este inventario fue desarrollado mediante una encuesta que diferenció tipos de equipos, y que contó con un diseño estadístico apropiado.

El criterio utilizado para seleccionar los FE para cada equipo de combustión, fue que éste reflejara las condiciones de los equipos que existen en el área de estudio, los que se denominaran equipos equivalentes.

Tabla 58. Factores de emisión IX Región.

| FUENTE BIBLIOGRÁFICA | Equipo de combustión según la referencia | Equipo equivalente | MP ₁₀ | NO _x | CO | COV | SO _x |
|----------------------|--|------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|
| EIIP/EPA | Estufa Convencional ^a | Cocina a leña | 15.30 | 1.40 | 115.40 | 26.50 | 0.20 |
| EIIP/EPA | Estufa Convencional ^b | Equipo simple (una cámara). | 15.30 | 1.40 | 115.40 | 26.50 | 0.20 |
| CNE | Estufas doble cámara ^c | Equipo doble cámara | -- | -- | -- ^f | 35.50 | --- |
| EIIP/EPA | Cocina Catalítica (Fase II) | Equipo doble cámara | 8.10 | 1.00 | 53.50 | 7.5 | 0.20 |
| CNE | Chimenea abierta ^d | Chimenea abierta/albañilería | 16.60 | 2.00 | -- | -- | 0,18 |
| EIIP/EPA | Chimeneas y cocinas ^e | Chimenea abierta/albañilería | -- | -- | 126.3 | 114.5 | 0,2 |
| CADE-IDEPE | Salamandras ^g | Salamandras | 15.86 | 0.87 | 51.32 | 0.83 | 0.26 |

a. Fabricada antes de 1988 equivalente a cocina a leña utilizada en área de estudio.

b. Equivalente a equipo simple de una cámara. No se adopta Ref. CNE según Tabla 2.5, pues el valor es menor que el de la estufas doble Cámara, lo que produce una inconsistencia en términos de tecnología.

c. Equipos modelo BOSCA fabricada antes de 1992, equivalente a equipos de doble cámara en general.

d. Chimenea diseñada con tiraje adecuado, equivalente a chimenea de albañilería. FE para PM₁₀, NO_x y PAH

e. Equivalentes a chimeneas albañilería, FE para CO, COV y SO_x.

f. Las estufas doble cámara y cocinas catalíticas (Fase II) son equivalentes, menos para el COV. Para las cocinas catalíticas las emisiones son menores porque están equipadas con un catalizador cerámico cubierto con un metal noble (platino, paladio etc), que permite la combustión de estos compuestos a temperaturas mucho menores.

g. Las Salamandras tienen una eficiencia y tecnología distinta a los equipos de doble cámara. El FE en el CNE, está en un rango de (8-8,5), rango en el que también está el equipo doble cámara (8,1) del EIIP. Se estima inconveniente tomar el rango sugerido por CNE, se selecciona el FE propuesto por CADE-IDEPE, mostrado en el mismo estudio de la CNE.

c) “Medición de artefactos de uso residencial que operan con biomasa para apoyar procesos regulatorios ambientales” (Septiembre 2006).

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, solicitó al laboratorio SERPRAM, realizar una serie de ensayos de medición en artefactos de combustión de uso residencial que operan con

leña (cuatro calefactores y una cocina de combustión a leña), con el propósito de conocer información de línea base de sus emisiones a escala de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio consistieron en medir las concentraciones de material particulado y gases (O_2 y CO) generados por cada artefacto a tasas de quemado fijas, con el objetivo de determinar las emisiones de material particulado y otros parámetros de interés ambiental como el monóxido de carbono y la eficiencia térmica.

Las citadas mediciones se efectuaron en conformidad a lo especificado en los métodos CH-28 de certificación, el método CH-5 G para la determinación de las emisiones de partículas de calefactores a leña medidas desde un túnel de dilución y el método CH-3A, para la determinación del contenido de oxígeno y monóxido de carbono en los gases. Todos los métodos señalados corresponden a métodos oficializados por el Ministerio de Salud a través del Instituto de Salud Pública (ISP).

Los artefactos usados fueron los siguientes:

- Estufa Bosca
- Estufa Amesti
- Estufa Pucon
- Estufa Gerten
- Cocina Gross

Donde cada uno tiene especificaciones y características de fabricante, material y entrada de aire.

Se presenta un resumen de los resultados obtenidos de dichas mediciones según calefactor, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 59. Emisiones de MP_{10} Resumen estudio SERPRAM.

| Calefactor | Tasa Quemado kg/h | Flujo Aire m^3N/h | MP_{10} g/h | MP_{10} g/kg leña |
|------------|----------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| A 1 | 1,67 | 17,4 | 4,66 | 3,0 |
| A 2 | 1,38 | 14,9 | 3,20 | 2,6 |
| B | 1,21 | 12,2 | 2,54 | 2,4 |
| D 1 | 2,18 | 22,6 | 6,74 | 3,8 |
| D 2 | 1,23 | 13,6 | 28,69 | 23,8 |
| E | 1,92 | 27,2 | 5,01 | 3,0 |

Fuente: promedio de datos de Serpram

Nota: Mediciones no desarrolladas en condiciones de operación normal, sino en condiciones de laboratorio, según la norma CH-5G.

d) "Emissions Inventory Improvement Program (EIIP), Residential Wood Combustion. 2001."

En este estudio se consideran las chimeneas como las fuentes primarias de calor residencial. Las categorías están dadas de acuerdo a las variaciones de sus características, quedando su clasificación de la siguiente manera:

Estufa Convencionales: Se consideran en este grupo todas las chimeneas que no se incluyen en las categorías de catalíticas o de pellet. No tienen especificaciones de su tecnología o del diseño de reducción de emisiones. Son varias las que pueden ser consideradas, tales como las de corriente aérea ascendente, corriente descendente, y flujo cruzado. En la mayoría de los casos, eran manufacturadas antes de 1988.

Estufa Catalíticas: Estas cuentan con un dispositivo de cerámica o con un panel de metal llamado combustor o convertidor cubierto con metales nobles tales como platino y paladio. El material del catalizador reduce la temperatura de la ignición del VOCs y del CO incombustible en los gases de escape, aumentando así su ignición y combustión en las temperaturas de funcionamiento normales de la chimenea. Mientras que estos componentes se queman, la temperatura dentro del catalizador aumenta a un punto en el cual la ignición de los gases sea autónoma.

Estufa No Catalíticas: Estas chimeneas no emplean los catalizadores pero tienen tecnología y características que le permitan reducir las emisiones. El diseño no catalítico típico incluye los baffles y las zonas secundarias de la combustión.

Estufa de Pellets (aserrín): Estas usan como combustible el aserrín en forma de pellet, provenientes de la madera o de otros materiales de la biomasa presionados en formas y tamaños manejables. Estas estufas tienen sistemas de circulación forzada de aire y diseño único de la rejilla para acomodar este tipo de combustible. Algunos modelos de este tipo de estufa están conforme a los nuevos estándares de funcionamiento, mientras que otros son exentos debido a un alto cociente de aire- combustible.

Chimeneas de Albañilería: Estos calentadores son grandes compartimentos, hechos de productos de la albañilería o de una combinación de estos con materiales de cerámica. Presentan una forma más eficiente y limpia al quemar el combustible, pues una carga completa de madera se quema en un período de tiempo relativamente corto. El calor se lanza lentamente y se almacena en los materiales de la albañilería, lo que le permite transferir calor por muchas horas después de que el fuego se consume.

Tabla 60. FE para distintos contaminantes por tipo de equipo (g/kg).

| EQUIPOS | MP ₁₀ | NO _x | CO | COV | SOX | PAH ^f Total | HAP ^g Total |
|---|------------------|-----------------|--------|--------|------|---------------------------|---------------------------|
| Estufas y Cocinas ^a | 17.30 | 1.30 | 126.30 | 114.50 | 0,18 | -- | -- |
| Estufas ^b | 17.30 | 1.30 | 126.30 | 114.50 | 0,18 | -- | -- |
| Cocina Catalítica (Fase II) ^c ^d | 8.10 | 1.00 | 53.50 | 7.5 | 0.20 | 0.207 | 1.12 |
| Cocina Convencional ^e | 15.30 | 1.40 | 115.40 | 26.50 | 0.20 | 0.365 | 1.6 |

- Se recomienda su uso cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión.
- Fabricación de equipos hasta 1988.
- Certificadas para cumplir con las normas EPA del 1 Julio, 1990. Con una tasa de quemado 5.5 Kg/hr.
- Para catalíticos con una buena mantención y con un uso normal. En general un catalítico más nuevo produce emisiones de MP más bajas y los más antiguos emisiones más altas.
- Fabricada antes del 1° de Julio de 1986.
- PAH, corresponde a la familia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.
- HAP, siglas en inglés corresponden a la familia de "Hazardous Air Pollutants"- contaminantes peligrosos.

Fuente: EIIP, Residential Wood Combustion. 2001.

- Factores de emisión Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile. Thomas Nussbaumer. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006.**

Los resultados de las mediciones del estudio son presentados en la siguiente Tabla.

Tabla 61. Resultados de las mediciones estudio suizo comparativo.

| Operación | Humedad | Estufa chilena | | Estufa Suiza de 2 etapas | | Observaciones |
|---|---------|--------------------|--|--------------------------|--|--|
| | | Carga troncos leña | MP [mg/m ³] normalizado a 13% O ₂ | Carga troncos leña | MP [mg/m ³] normalizado a 13% O ₂ | |
| Operación ideal con trozos de leña pequeños y secos, 30% carga. No incorpora en la medición el aporte de contaminantes que se da durante el encendido del artefacto. | 12% | 2 x 750 g | 20 | Carga Completa | 10 - 20 | Para efectos de pruebas se mantuvo el monitoreo continuo de CO con objeto de mantener las condiciones de la combustión. Por lo tanto, esta operación no es practicable en la realidad. |
| Operación ideal con trozos de leña pequeños y secos, 30% carga. Incorpora en la medición el encendido. | 12% | 2 x 750 g | 50 | Carga Completa | 20 - 30 | |
| Operación típica para calefacción, carga completa. | 20% | 3 x 1500 g | 250 – 1.200 (125 – 600) | Carga Completa | 30- 50 (30 – 50) | La combustión en dos etapas permite una reducción de aproximadamente un 90%. |
| Operación típica para calefacción, carga completa | 33% | 3 x 1500 g | 500 – 1.200 (250 – 600) | Carga Completa | 60 – 150 (50 – 100) | La combustión en dos etapas permite una reducción de aproximadamente un 50%. No obstante se observa la influencia de la humedad de la leña. |
| Mala operación, ingreso de aire cerrado durante operación. Siguiendo Instrucciones del Fabricante. | 20% | 3 x 1500 g | 6.600 (5.500) | Carga Completa | No es posible operar | |

Referencias: Síntesis de los resultados de medición de estufas, realizado por VERENUM (ver informe del experto suizo T.Nussbaumer): Emisiones de MP (mg/m³) con 13% en volumen de O₂, de acuerdo al método de US-EPA; los valores entre paréntesis son siguiendo el método VDI.

Con respecto a factores de emisión de MP para la Estufa tradicional chilena, se tiene:

- Para una condición ideal de operación con 12 % de humedad de leña, el factor de emisión corresponde a 0,6 g/kg de leña seca.
- Para una condición típica de operación con 20 % de humedad de leña, el factor de emisión corresponde a un rango entre los 3,0 - 14,4 g/kg leña seca.
- Para una condición mala de operación con 20 % de humedad de leña, el factor es de 79,3 g/kg leña seca.

5.4.1.1.2 Niveles de actividad

- **Nivel de Actividad GLP, GC, GN y Kerosene**

El nivel de actividad requerido para la estimación de emisiones de contaminantes para la combustión de GN, GLP, Kerosene, GC y Leña, corresponde al consumo anual para cada combustible [kg/año]. En el caso del GN, GLP, Kerosene y GC se utilizan las estadísticas de la SEC del año 2005 que aportan datos de consumo a nivel regional tanto para combustibles líquidos como gaseosos. En resumen se dispone de información agregada y por tanto fue necesario la aplicación de una metodología de distribución espacial por población y nivel de ingreso para obtener este inventario distribuido espacialmente.

La siguiente tabla entrega los consumos de combustible utilizados dentro del inventario 2005.

Tabla 62. Consumos de combustibles año 2005.

| Tipo combustible | Consumo año 2005 | Unidades |
|------------------|------------------|----------|
| Gas Licuado | 303.243,6 | ton/año |
| Gas de Ciudad | 31.781.000,0 | m3/año |
| Gas Natural | 234.756.777,0 | m3/año |
| Kerosene | 65.196,5 | ton/año |

Fuente: SEC, 2006.

- **Nivel de Actividad Leña**

Para determinar los niveles de actividad a utilizar dentro de la presente actualización del inventario, se revisaron dos fuentes de información de estudios recientes: “Evaluación de las Nuevas Medidas Para Fuentes Fijas Contenidas en el PPDA, Línea 4, CONAMA RM-GAMMA, 2006, “Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile”, CNE-Universidad de Chile, 2006. A continuación se resumen los antecedentes recopilados en ellos.

a) Consumo de leña Estudio GAMMA:

El consumo promedio calculado por GAMMA alcanza a 1.036 kg por vivienda. El monto comprado alcanza a 946 kg, lo que es consistente considerando que un porcentaje es obtenido gratis.

Para estimar el parque de equipos de calefacción se multiplicó el total de viviendas con calefacción a leña (43.170) por la cantidad de calefactores por vivienda (1.02). En el cuadro

siguiente se estima el total de calefactores por tipo.

Tabla 63. Cantidad Estimada de Equipos de Calefacción

| Tipo de Equipo | Porcentaje | Cantidad |
|-----------------------------|-------------|---------------|
| Calefactor combustión lenta | 81,3% | 48.505 |
| Calefactor modelo insert | 9,2% | 5.489 |
| Salamandra | 3,9% | 2.327 |
| Chimenea (a) | 5,6% | 3.341 |
| Total | 100% | 59.662 |

(a) Incluye solo chimeneas en uso.

El estudio de Gamma menciona que podría haberse subestimado el número de estufas, dado que se detectó cierto temor y rechazo a informar sobre el tema.

El consumo de biomasa en calefacción en la Región Metropolitana urbana se estimó en 42.613 ton sobre la base de 1.036 kg/año por vivienda y 41.132 viviendas. Este último número corresponde al 95,5% de las 43.070 viviendas que utilizan sus equipos de calefacción. El resto (4,5%) tiene equipos de calefacción a leña pero no los utilizan. El monto calculado incluye tanto calefactores de doble cámara como salamandras y chimeneas.

Cabe señalar que este valor (42.613 ton) no es el consumo global de leña de los sectores urbanos de la R.M., dado que no incluye otros usos diferentes a los de calefacción (cocinar y calentar agua).

Otra dato importante es que Gamma sensibilizó el valor obtenido para el consumo de leña (42.613 ton) con un 40% adicional suponiendo un sesgo máximo de esa magnitud lo que le da un consumo total de biomasa en la Región Metropolitana **59.658 ton**.

b) Consumo de leña Estudio CNE: “Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile”, 2006

Según el informe de la CNE el consumo de leña para el año 2003 se estimó en un total de 65.976 ton/año para consumo urbano en la R.M y de 6.130 ton/año para consumo rural.

Por otra parte, en el marco del presente Estudio es posible proyectar estos consumos al año 2005 si consideramos que el año 1991 el consumo urbano de leña correspondía a 104.100 ton/año y el año 2003 a 65.976 con lo cual es posible proyectar al 2005 un consumo urbano de **59.662**, si suponemos que se mantiene la relación entre el consumo urbanos y rural, se obtienen **5.540** ton/año para el consumo rural, obteniéndose un total de **65.202** Ton/año para la R.M.

Según estudio, el principal uso de la leña en el sector residencial es la calefacción, con proporciones que varían desde el 99,4% al 51,4% del consumo total de leña por parte de los hogares y el siguiente uso más común es para cocinar.

Distribución Espacial de las emisiones

De la encuesta aplicada por la consultora Gamma Consultores S.A. en el “Estudio de Evaluación de Medidas de Fuentes Fijas” (ver siguiente Tabla), es posible extraer la distribución comunal de viviendas que poseen equipos de combustión de leña lo cual puede ser aplicado directamente en el sistema SAIE, para efectuar una distribución de los niveles de actividad por comuna, por constituir ésta la mejor información disponible a la fecha, destacando que esta distribución será utilizada para el consumo urbano (59.662 ton/año) y que en el caso del consumo rural (5.540 ton/año) ésta será distribuida en el resto de las comunas en base al nivel de población directamente.

Tabla 64. Distribución espacial de estufas a leña en la R.M, estudio Gamma para CONAMA R.M.

| Nº | Comuna | Numero total de Casas Urbanas Censo 2002 | Proporción Casas con Estufa* % | Estimación Viviendas con Estufa a Leña |
|----|---------------------|--|--------------------------------|--|
| 1 | BUIN | 12.771 | 0% | 0 |
| 2 | CERRILLOS | 13.811 | 3% | 410 |
| 3 | CERRO NAVIA | 28.402 | 1% | 165 |
| 4 | COLINA | 12.425 | 17% | 2106 |
| 5 | CONCHALI | 27.318 | 2% | 519 |
| 6 | EL BOSQUE | 34.980 | 8% | 2747 |
| 7 | ESTACION CENTRAL | 23.628 | 0% | 0 |
| 8 | HUECHURABA | 14.033 | 8% | 1184 |
| 9 | INDEPENDENCIA | 12.990 | 2% | 203 |
| 10 | LA CISTERNA | 19.549 | 7% | 1292 |
| 11 | LA FLORIDA | 79.536 | 3% | 1997 |
| 12 | LA GRANJA | 25.385 | 2% | 508 |
| 13 | LA PINTANA | 36.583 | 0% | 171 |
| 14 | LA REINA | 21.606 | 3% | 545 |
| 15 | LAS CONDES | 33.532 | 9% | 3067 |
| 16 | LO BARNECHEA | 12.576 | 5% | 650 |
| 17 | LO ESPEJO | 19.411 | 0% | 0 |
| 18 | LO PRADO | 16.675 | 0% | 0 |
| 19 | MACUL | 20.348 | 3% | 708 |
| 20 | MAIPU | 110.668 | 4% | 4291 |
| 21 | MELIPILLA | 14.110 | 0% | 0 |
| 22 | ÑUÑO A | 22.819 | 8% | 1934 |
| 23 | PEDRO AGUIRRE CERDA | 23.210 | 0% | 0 |
| 24 | PEÑAFLO R | 14.050 | 1% | 153 |
| 25 | PEÑALO EN | 41.943 | 2% | 889 |
| 26 | PROVIDENCIA | 9.453 | 0% | 0 |
| 27 | PUDAHUEL | 40.059 | 2% | 764 |
| 28 | PUENTE ALTO | 116.201 | 4% | 5152 |
| 29 | QUILICURA | 26.854 | 3% | 741 |
| 30 | QUINTA NORMAL | 22.571 | 4% | 1003 |
| 31 | RECOLETA | 28.122 | 1% | 197 |
| 32 | RENCA | 24.778 | 3% | 661 |
| 33 | SAN BERNARDO | 46.671 | 6% | 2866 |
| 34 | SAN JOAQUIN | 19.939 | 1% | 165 |
| 35 | SAN MIGUEL | 14.877 | 1% | 190 |
| 36 | SAN RAMON | 17.397 | 2% | 387 |
| 37 | SANTIAGO | 26.635 | 1% | 360 |
| 38 | VITACURA | 13.373 | 9% | 1238 |
| | TOTAL | 1.099.289 | 3,4 | 37261 |

Distribución Temporal de las emisiones

Ciclo Mensual de funcionamiento:

Período de Uso de Estufas a Leña : Mayo – Agosto.

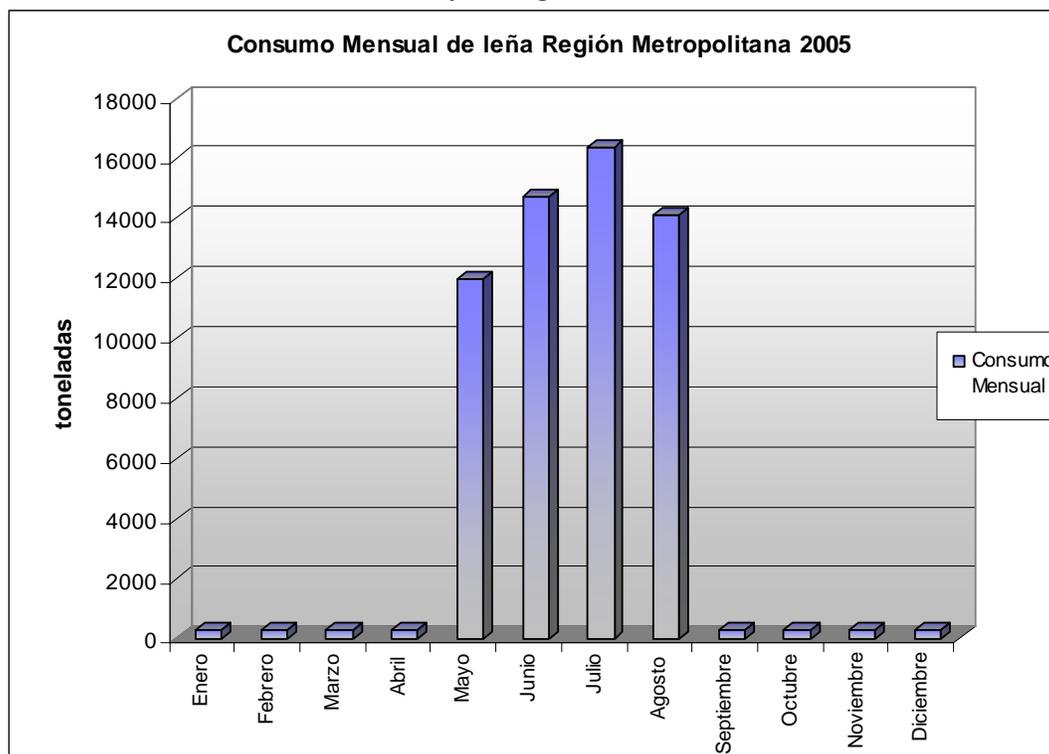


Figura 25. Perfil anual de uso de leña en la Región Metropolitana.

Ciclo Semanal Horario:

Tabla 65. Porcentajes de nivel de actividad en el ciclo semanal de consumo de leña.

| | Lunes a Viernes | Sábado y Domingo |
|----------------|-----------------|------------------|
| Mañana | 3% | 4% |
| Tardes | 81% | 71% |
| Mañana y tarde | 16% | 25% |
| Horas/día | 5,3 | 6,0 |

Fte: Estudio "Evaluación de las Nuevas Medidas Para Fuentes Fijas Contenidas en el PPDA, Línea 4, CONAMA RM, 2006.

A partir de la información anterior fue posible la generación de los perfiles temporales requeridos tanto por el modelo de emisiones SAIE para alimentar los modelos de calidad del aire, así como el sistema I-Airviro de CONAMA R.M.

2.4.2.1 Cálculo de Emisiones

Respecto a los niveles de actividad para la leña hay que señalar lo siguiente:

- Solo existe información parcial respecto a la diferenciación del tipo de artefacto de combustión para el sector urbano y su uso en calefacción (calefactor, salamandra, combustión abierta)
- No existe información respecto al contenido de humedad del combustible utilizado.
- No existe información respecto a las prácticas de operación de uso de los equipos por parte de los usuarios (periodo de encendido y apagado del artefacto, velocidad de quemado, porcentaje de oxígeno, entre otras).

Respecto a los factores de emisión estudiados para la leña hay que señalar lo siguiente:

- Del análisis de los factores de emisión del estudio SERPRAM 2006²² se ve que estos son bajos debido a que dichos factores son generados en condiciones de funcionamiento alejados de las condiciones reales de funcionamiento de estos equipos.
- Por otra parte, con respecto a la combustión de leña abierta, los factores disponibles del estudio de PRIEN para Salamandra y Chimeneas se ve que están subestimados al ser comparado con factores de emisión de quemados de leña en artefactos de combustión que debieran tener menores emisiones y por tanto se observa un alto nivel de incertidumbre en el uso de estos factores de emisión, por lo que se usará el valor recomendado de EIIP cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión.
- Los factores de emisión utilizados en los inventarios actuales de CONAMA R.M. también estarían subestimando las emisiones de MP₁₀.
- El estudio de la EPA²³ recomienda el uso del factor de emisión de chimeneas y cocinas en el caso que no exista información de tipos de equipos de combustión, por otra parte, las mediciones del investigador suizo²⁴ en condición típica de operación entrega valores entre 3,0 - 14,4 g MP/kg, medición que no incluye la operación de apagado y encendido de los equipos, ni considera una mala operación del equipo (recomendada a los usuarios por los fabricantes). En este estudio, se utilizará el valor medio para condición típica de operación, de 8,7 gMP/kg para el tipo de equipo “Calefactor combustión lenta” indicado en el estudio GAMMA. Hay que señalar que el estudio Suizo se basa en equipos de combustión tipo Bosca que serían compatibles con las señaladas en el estudio GAMMA como Calefactor de combustión lenta. Respecto al Calefactor modelo insert correspondería a estufa sin control de emisiones, se usará el factor recomendado por EIIP.
- Cabe señalar que en el presente inventario no se incorporó el factor de emisión 79,3 gMP/kg para una condición de mala operación determinado por el investigador Suizo,

²² “Medición de artefactos de uso residencial que operan con biomasa para apoyar procesos regulatorios ambientales” (Septiembre 2006).

²³ EIIP, Residential Wood Combustion. 2001.

²⁴ Factores de emisión Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile. Thomas Nussbaumer. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006.

debido a que se desconoce las características de operación de los equipos en condiciones de funcionamiento reales.

Para estimar las emisiones de PM₁₀ provenientes del consumo de leña, se considera el nivel de actividad generada por el estudio la CNE, que se resume en la tabla siguiente:

Tabla 66. Nivel de Actividad considerado para emisiones de leña.

| Total Consumo de leña 2005 corresponde a 65.202 ton | | |
|---|--------|--|
| Total zona urbana | 59.662 | (fuente: CNE: “Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile”, 2006) |
| Zona rural | 5.540 | (fuente: CNE: “Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile”, 2006) |

Respecto a la Zona urbana desagregada por tipo de equipo según el estudio GAMMA, las emisiones se estiman considerando factores de emisión para los diferentes tipos de equipos considerados como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 67. FE considerados para cálculo de emisiones de leña.

| Tipo de Equipo | F.E. (g/Kg) | Unidad |
|-----------------------------|-------------|--------|
| Calefactor combustión lenta | 8,7 (a) | PTS |
| Calefactor modelo insert | 17,3 (b) | PM-10 |
| Salamandra | 17,3 (c) | PM-10 |
| Chimenea | 17,3 (d) | PM-10 |

- Se considera el valor medio para condición típica de operación con 20 % de humedad de leña del estudio Suizo para PTS.
- Valor de estufa indicado por EIIP, Residential Wood Combustion. 2001, debido a que tecnología de calefactor no considera control de emisiones.
- El valor del FE propuesto por CADE-IDEPE, mostrado en el mismo estudio de la CNE está subestimado al ser comparado con factores de emisión de quemados de leña en artefactos de combustión que debieran tener menores emisiones y por tanto se observa un alto nivel de incertidumbre en el uso de estos Factores de emisión, por lo que se usará el valor recomendado de EIIP cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión.
- El valor del FE propuesto por en el estudio de la CNE está subestimado al ser comparado con factores de emisión de quemados de leña en artefactos de combustión que debieran tener menores emisiones y por tanto se observa un alto nivel de incertidumbre en el uso de estos Factores de emisión, por lo que se usará el valor recomendado de EIIP cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión.

Para obtener la especiación de PTS, PM-10 y PM-2,5 se utiliza la información del estudio de la **Desert Research Institute**²⁵, que entrega la distribución de tamaño de partículas para diferentes fuentes de emisión como se indica en la figura siguiente, siendo el PM-10 un 95,8% del PTS y el PM-2,5 corresponde a 93,1 del PTS para combustión de quema residencial.

²⁵. Reconciling Urban Fugitive dust Emissions Inventory and Ambient Sources Contribution Estimates..”, DRI, Desert Research Institute 1999.

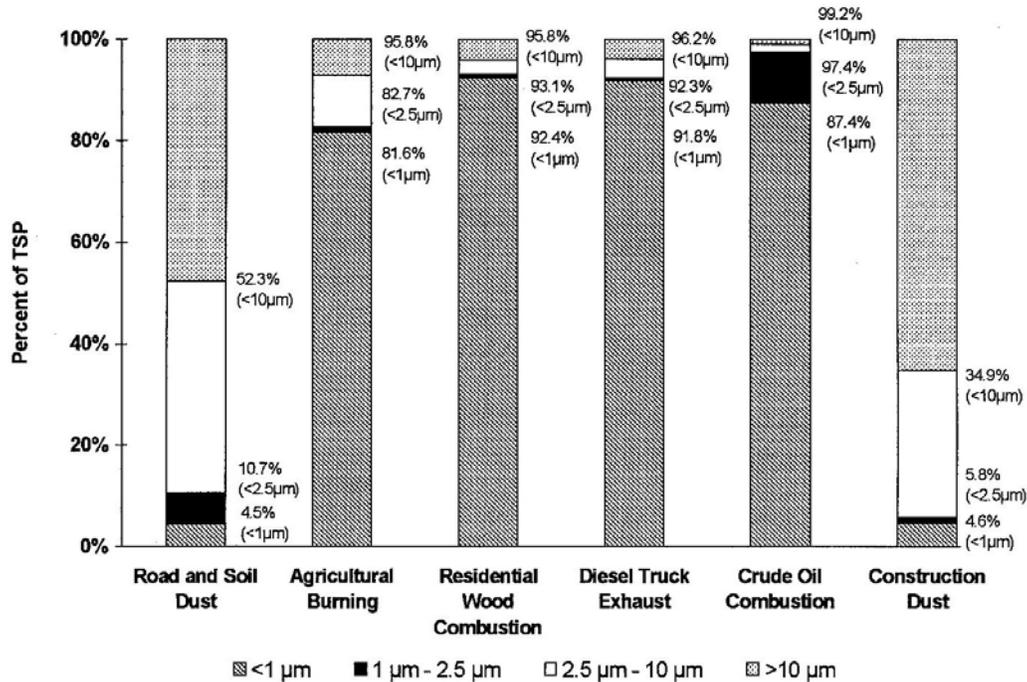


Figura 26. Distribución de tamaño para distintos tipos de fuentes de MP.

Respecto a la información correspondiente a la zona rural correspondiente a 5.540 toneladas de combustible, el factor de emisión es:

Tabla 68. FE considerado en la zona rural.

| Zona | F.E. (g/Kg) | Unidad |
|------------|-------------|--------|
| Zona rural | 17,3 (a) | PM-10 |

a) Se considera el valor recomendado de EIIP cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión

Las emisiones estimadas para la zona urbana desagregada por tipo de equipo según el estudio GAMMA, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 69. Emisiones de leña, zona urbana, (ton/año).

| Tipo de Equipo | PTS | PM-10 | PM-2,5 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|
| Calefactor combustión lenta | 422,00 | 404,27 | 392,87 |
| Calefactor modelo insert | 99,12 | 94,96 | 92,28 |
| Salamandra | 42,02 | 40,25 | 39,12 |
| Chimenea | 60,33 | 57,80 | 56,17 |

Para la zona rural la emisiones estimadas son las siguientes:

Tabla 70. Emisiones de leña para la zona rural, (ton/año).

| Zona | PTS | PM-10 | PM-2,5 |
|------------|--------|-------|--------|
| Zona rural | 100,04 | 95,84 | 93,14 |

En la siguiente Tabla se presenta el total de emisiones de MP10 generadas por la combustión de leña.

Tabla 71. Total emisiones de Material Particulado para leña, (ton/año), año 2005.

| Zona Región Metropolitana | PTS | PM-10 | PM-2,5 |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Total zona urbana | 623,47 | 597,28 | 580,44 |
| Zona rural | 100,04 | 95,84 | 93,14 |
| TOTAL EMISIONES | 723,51 | 693,12 | 673,58 |

Respecto a los factores de emisión de gases contaminantes provenientes de la combustión residencial de leña, para el presente cálculo de emisiones se utilizarán los siguientes factores:

Tabla 72. Factores de emisión de gases propuestos para combustión domiciliaria de leña (gr/kg)

| EQUIPOS | NO _x | CO | COV | SO _x | NH ₃ |
|--------------------------------|-----------------|--------|-------|-----------------|-----------------|
| Combustión Residencial de Leña | 1,30 | 126,30 | 114,5 | 0,18 | 1,088 |

Fuente: EIIP/EPA

En la siguiente Tabla se resumen los cálculos de emisiones de gases obtenidos para la combustión residencial de leña para la zona urbana desagregada por tipo de equipo en la Región Metropolitana.

Tabla 73. Emisión de gases para zona urbana desagregada por tipo de equipo de calefacción en Ton/año

| EQUIPOS | NO _x | CO | COV | SO _x | NH ₃ |
|-----------------------------|-----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|
| Calefactor combustión lenta | 63,06 | 6126,21 | 5553,85 | 8,73 | 52,77 |
| Calefactor modelo insert | 7,14 | 693,25 | 628,48 | 0,99 | 5,97 |
| Salamandra | 3,02 | 293,88 | 266,42 | 0,42 | 2,53 |
| Chimenea | 4,34 | 421,98 | 382,55 | 0,60 | 3,64 |

Para la zona rural los resultados de los cálculos de emisiones de gases, obtenidos para la combustión residencial de en la Región Metropolitana son los siguientes:

Tabla 74. Emisión para la zona rural (Ton/año)

| Zona | NO _x | CO | COV | SO _x | NH ₃ |
|------------|-----------------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| Zona Rural | 7,20 | 699,70 | 634,33 | 1,00 | 6,03 |

La siguiente Tabla resume los cálculos de emisiones obtenidos para la combustión residencial en la Región Metropolitana.

Tabla 75. Emisiones de combustión residencial de leña, escenario 2005 (Ton/año).

| Categoría | MP ₁₀ | MP _{2.5} | CO | NO _x | VOC | SO _x | NH ₃ |
|--------------------------------|------------------|-------------------|----------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|
| Combustión de Leña Residencial | 693,12 | 673,58 | 8.235,00 | 84,80 | 7.466,00 | 11,74 | 70,94 |

La siguiente Tabla resume los cálculos de emisiones obtenidos para la combustión residencial en la Región Metropolitana, detallando por los distintos tipos de combustibles utilizados.

Tabla 76. Emisiones de combustión residencial por fuente, escenario 2005 (Ton/año).

| Categoría | MP ₁₀ | MP _{2.5} | CO | NO _x | VOC | SO _x | NH ₃ |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Combustión de Leña Residencial | 693,1 | 673,6 | 8.235,0 | 84,8 | 7.465,6 | 11,7 | 70,9 |
| Combustión de gas licuado | 18,0 | 18,0 | 118,9 | 585,3 | 46,9 | 0,8 | 1,1 |
| Combustión de kerosene | 12,2 | 2,9 | 48,8 | 175,8 | 24,3 | 290,7 | 6,2 |
| Combustión de gas natural | 42,9 | 42,9 | 150,2 | 352,1 | 42,3 | 2,3 | 1957,6 |
| Combustión de gas de ciudad | 5,8 | 5,8 | 20,3 | 47,7 | 5,7 | 0,3 | 0,1 |
| Total Combustión Residencial | 772,1 | 743,2 | 8573,3 | 1245,6 | 7584,9 | 305,9 | 2036,0 |

5.4.2 Otras Fuentes

5.4.2.1 Disposición de Residuos

De los residuos sólidos generados en la Región Metropolitana, solamente el 9% es recuperado y aproximadamente el 91% es dispuesto en rellenos sanitarios como sitios de disposición final. Actualmente en la Región existen cuatro rellenos sanitarios: Loma los Colorados, Santa Marta, Santiago Poniente y, en Melipilla, el relleno sanitario Popeta, administrado por la Municipalidad de Melipilla. El relleno sanitario Lepanto terminó sus actividades en abril del año 2002 y Lo Errazuriz el año 1995.

Existen además botaderos ilegales de basura y quemas de desechos dispersos en la Región.

5.4.2.1.1 Emisiones provenientes de rellenos sanitarios

Debido a la actividad microbiana en los rellenos sanitarios, se genera CH₄ y otros gases como producto de la descomposición anaerobia de los desechos. Aproximadamente 500 m³ de metano y 450 m³ de dióxido de carbono son producidos por cada tonelada de materia orgánica que se descompone de acuerdo al esquema siguiente:



La generación de gas tiene su nivel más alto el segundo año después de su disposición, y sigue emitiendo una vez terminada la operación del relleno sanitario.

Además de las emisiones de gas, se debe considerar las emisiones de los camiones y maquinarias que circulan en el interior de los rellenos, ya sean camiones encargados de transportar los residuos hasta el lugar de disposición final o maquinaria encargada de la cobertura y movimiento del material depositado.

5.4.2.1.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Emisión de gases

La metodología de estimación de emisiones utilizada es la del modelo US EPA:

$$Q_{\text{CH}_4} = L_o R (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad \text{Ecuación 24}$$

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 aun esta activo).
t = Tiempo desde que comenzó a funcionar el relleno, en años.
L₀ = 100 m³/Ton según recomendación EPA para la mayoría de los rellenos sanitarios.

Tabla 77. Valores para k.

| Lluvia mm/año | Valor k |
|---------------|---------|
| < 635 | 0.02 |
| > 635 | 0.04 |

Fuente: AP42, EPA

Cuando la emisión de gas se estabiliza, éste se compone aproximadamente en un 40% de CO₂, 55% de CH₄ y un 5% de N y otros gases.

Se deberán considerar las medidas de control de emisión de gases, si existen, en cada relleno sanitario al momento de calcular emisiones de gas.

Finalmente, la emisión de un contaminante *p* para un año, puede ser estimada mediante la siguiente ecuación:

$$UM_p = Q_p * \left[\frac{MW_p * 1atm}{8.205 \times 10^{-5} (m^3 atm / gmol^\circ K)(1000 g / kg)(273 + T^\circ K)} \right] \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

UM_p : Masa emitida del contaminante p en kg/año.
MW_p : Peso molecular de p en g/gmol.
Q_p : Tasa de emisión de p.
T : Temperatura del gas en °C.

Control de emisiones:

Las emisiones de gases normalmente son controladas mediante la instalación de tuberías captadoras, que conducen el gas a sistemas de combustión internas, llamas o turbinas. Los sistemas de control no son eficaces en un cien por ciento, por lo tanto, se debe calcular la eficiencia de estos. Se utilizará la metodología EPA que se describe a continuación para este cálculo:

$$CM_p = \left[UM_p * \left(1 - \frac{\eta_{col}}{100} \right) \right] + \left[UM_p * \frac{\eta_{col}}{100} * \left(1 - \frac{\eta_{ent}}{100} \right) \right] \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

CM_p : Masa controlada de contaminante p emitido, kg/año.
UM_p : Masa de contaminante p emitida, kg/año.
η_{col} : Eficiencia de sistema de recolección de gas del vertedero, en porcentaje.
η_{ent} : Eficiencia del sistema de utilización del contaminante, en porcentaje.

Debido a que no fue posible conseguir información respecto de los sistemas de quema de gas, se consideraron los siguientes criterios recomendados por EPA para rellenos sanitarios: se asume una eficiencia promedio de captación de biogás del 30%, con un contenido del 55% de metano (CH_4) y con una eficiencia de combustión del 98% del gas captado en la antorcha.

Tabla 78. Factores de Emisión para Combustión del Biogás en Llama como Mecanismo de Control

| Contaminante | Factores ($\text{kg}/10^6 \text{ m}^3$ de CH_4) |
|-----------------------------|---|
| NO_2 | 650 |
| CO | 12000 |
| Material Particulado (PM10) | 270 |

Fuente: Tabla 2.4-4 "Municipal Solid Waste Landfills" de Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42).

Emisión de vehículos dentro del relleno sanitario:

Para el cálculo de emisiones de las fuentes móviles que funciona al interior de los rellenos sanitarios se emplearán las metodologías para fuentes móviles (fuera de ruta) descritas en este informe, considerando las emisiones provenientes de tubo de escape, así como también las emisiones de polvo resuspendido por el paso de los camiones.

Niveles de actividad

Los niveles de actividad necesarios para la estimación de emisiones son: cantidad de residuos dispuestos en cada relleno sanitario desde su inicio de actividades, vida útil, existencia de sistemas de abatimiento de emisiones, tipo de maquinaria, cantidad y tiempo de funcionamiento, además del modelo de cada una de ellas. También se necesita la frecuencia de camiones que transportan los residuos y el tramo recorrido desde la entrada del terreno del relleno hasta llegar al lugar de disposición.

Actualmente, los rellenos sanitarios que se encuentran en funcionamiento reciben la totalidad de los residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana, siendo el que presenta mas actividad el de Lomas Los Colorados, recibiendo el año 2005 más del 50% de los residuos totales dispuestos en rellenos sanitarios.

Tabla 79. Residuos dispuestos en rellenos sanitarios en la Región Metropolitana (Ton/año) año 2005

| AÑO | SANTA MARTA (1) | LOMA LOS COLORADOS (2) | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO (3) | LO ERRAZURIZ |
|-------|-----------------|------------------------|-------------------|---------|-------------|--------------|
| 1985 | | | | | | 621.220 |
| 1986 | | | | | | 625.574 |
| 1987 | | | | | | 645.777 |
| 1988 | | | | | | 693.842 |
| 1989 | | | | | | 733.507 |
| 1990 | | | | | | 790.377 |
| 1991 | | | | | | 786.371 |
| 1992 | | | | | | 884.762 |
| 1993 | | | | | | 954.672 |
| 1994 | | | | 47.507 | | 1.117.763 |
| 1995 | | | | 47.507 | | 974.273 |
| 1996 | | 544.867 | | 47.507 | | |
| 1997 | | 1.118.610 | | 47.507 | | |
| 1998 | | 1.284.802 | | 47.507 | | |
| 1999 | | 1.346.151 | | 47.507 | | |
| 2000 | | 1.409.470 | | 47.507 | | |
| 2001 | - | 1.534.759 | - | 47.507 | 1.100.164 | |
| 2002 | 365.390 | 1.771.241 | 85.135 | 47.507 | 352.753 | |
| 2003 | 509.135 | 1.689.504 | 463.273 | 47.507 | - | |
| 2004 | 606.020 | 1.730.062 | 434.850 | 47.507 | - | |
| 2005 | 629.960 | 1.675.812 | 451.396 | 47.507 | - | |
| TOTAL | 2.110.505 | 14.105.278 | 1.434.654 | 570.084 | 1.452.917 | 8.828.138 |

Fuente: Información entregada por Rellenos sanitarios y publicada por CONAMA.
 (1), (2), (3): Información obtenida de Página web de SESMA.

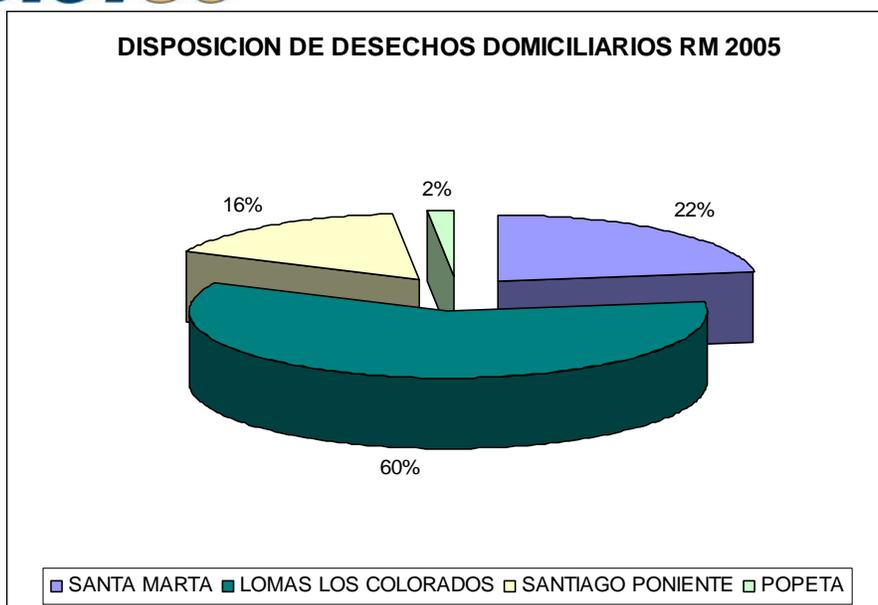


Figura 27. Distribución del manejo de los desechos domiciliarios en la Región Metropolitana, 2005.

Tabla 80. Vida útil de rellenos sanitarios

| Nombre Relleno | Vida Util (años) | Vida restante (años) |
|--------------------|------------------|----------------------|
| SANTA MARTA | (*) | (*) |
| LOMA LOS COLORADOS | 21 | 11 |
| SANTIAGO PONIENTE | 22 | 16 |
| POPETA | 11 | 2 (1) |
| LEPANTO | Cerrado | Cerrado |
| LO ERRAZURIZ | Cerrado | Cerrado |

Fuente: Información entregada por rellenos sanitarios e información publicada por SESMA.

(1) Actualmente gestionando una nueva etapa para continuar funcionando por 10 años.

(*) Información no entregada por relleno sanitario.

Dentro de cada relleno sanitario funcionan distintas maquinarias que manipulan los desechos y disponen las coberturas, además circulan los camiones que transportan los desechos desde las distintas comunas que utilizan el relleno.

Tabla 81. Maquinaria y camiones funcionando dentro de los rellenos sanitarios

| Nombre Relleno | Maquinaria | | | Camiones | |
|--------------------|--|---------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | Modelo | Potencia (Hp) | Horas uso (año) | Nº camiones día | Distancia recorrida (Km) |
| SANTA MARTA | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) |
| LOMA LOS COLORADOS | (*) | (*) | (*) | (*) | (*) |
| SANTIAGO PONIENTE | Bulldozer Komatsu D - 155 | 320 | 3000 | 150 | 4,1 |
| | Cargador Sobre Neumaticos Caterpillar 924F | 78 | 960 | | |
| | Cargador sobre Oruga Komatsu D - 75 S5 | 200 | 2400 | | |
| | Excavadora Caterpillar EL200B | 118 | 1800 | | |
| | Retroexcavadora JCB 214 E | 95 | 1200 | | |
| | Compactador de residuos Bomag BC 671 RB | 350 | 2400 | | |
| | Motoniveladora Champion 730A | 195 | 1200 | | |
| | Vibrocompactador de suelo Bomag BW 124 | 44 | 600 | | |
| POPETA | Bulldozer Caterpillar D6R | 165 | 1560 | 24 | 0,5 |
| | Bulldozer Case 850 | 80 | 960 | | |
| | Retroexcavadora | 170 | 600 | | |
| LEPANTO | - | - | - | - | - |
| LO ERRAZURIZ | - | - | - | - | - |

Fuente: Información entregada por rellenos sanitarios.

(*): Información no entregada por las empresas dentro del plazo del presente estudio.

(-): Relleno sanitario cerrado.

Sistemas de abatimiento de emisiones

Dentro del funcionamiento habitual de los rellenos, existe en algunos de estos rellenos sistemas de abatimiento tanto de emisiones para gases como para la resuspensión de polvo por el paso de los camiones. Estas medidas deben ser consideradas al momento de efectuar la estimación de emisiones. La siguiente tabla indica por cada relleno la existencia de sistema de abatimiento:

Tabla 82. Sistemas de abatimiento existentes en rellenos sanitarios.

| | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ |
|-------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|
| Control de Gases | SI | SI | NO | SI | (*) | NO |
| Control de Polvo resuspendido | (*) | (*) | SI | SI | - | - |

Fuente: Información entregada por rellenos sanitarios.

(*): Información no entregada a la fecha del presente informe por las empresas.

5.4.2.1.1.2 Cálculo de emisiones

Emisiones de Biogás

Se estimaron emisiones para los rellenos en los cuales se contaba con la información mínima requerida según metodología. La tabla siguiente resume estos resultados:

Tabla 83. Emisión de principales contaminantes componentes de biogás en rellenos sanitarios, año 2005 (Ton/año)

| Contaminante | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ |
|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|
| CO ₂ (Ton) | 3807 | 23993 | 3.697 | 951 | - | 15.651 |
| CH ₄ (Ton) | 1908 | 12026 | 1.853 | 477 | - | 7.845 |

Los resultados que se muestran en la tabla anterior corresponden al biogás que no es captado y posteriormente quemado en los rellenos sanitarios.

Emisiones producto del sistema de captación y quema de gases

Los rellenos: Santa Marta, Lomas los Colorados y Popeta cuentan con sistemas de captación y quema de gases. En Lo Errazuriz existió hasta diciembre del año 2001 un sistema de captación de gases; actualmente el gas es emitido sin proceso de quemado. Santiago Poniente espera implementar durante el año 2007 un sistema de extracción forzada.

Según metodología EPA para estimar las emisiones producto de la quema de biogás, se obtienen las siguientes emisiones:

Tabla 84. Emisión de principales contaminantes componentes de la quema de biogás en rellenos sanitarios año 2005 (Ton/año).

| | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ |
|------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|
| NO ₂ | 0,78 | 4,89 | - | 0,19 | - | - |
| CO | 14,31 | 90,21 | - | 3,58 | - | - |
| PM ₁₀ | 0,32 | 2,03 | - | 0,08 | - | - |

Las emisiones de la combustión provenientes de la circulación de maquinaria al interior de los rellenos se detalla a continuación:

Tabla 85. Emisión de maquinaria al interior de los rellenos sanitarios (Ton/año) año 2005.

| Contaminante | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ | Total |
|--------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|-------------|
| HC | (*) | (*) | 0,62 | 0,10 | - | - | 0,72 |
| CO | (*) | (*) | 3,07 | 0,51 | - | - | 3,58 |
| NOx | (*) | (*) | 10,74 | 1,36 | - | - | 12,1 |
| PM | (*) | (*) | 0,71 | 0,12 | - | - | 0,83 |

Fuente: elaboración propia

(*): Información no entregada a la fecha del presente informe por las empresas.

Emisiones de camiones

La siguiente tabla resume la estimación de emisiones calculada con la información entregada por los rellenos sanitarios:

Tabla 86. Emisiones provenientes de tubo escape camiones, por tipo de contaminante

| Contaminante | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ | TOTAL |
|---------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|--------|
| Consumo Combustible | (*) | (*) | 171,8 | 3,6 | (*) | (*) | 175,4 |
| Km Recorridos | (*) | (*) | 448.950 | 9.490 | (*) | (*) | 458440 |
| Ammonia | (*) | (*) | 0,001 | 0,0000 | (*) | (*) | 0,001 |
| Metano | (*) | (*) | 0,08 | 0,002 | (*) | (*) | 0,080 |
| CO | (*) | (*) | 1,78 | 0,04 | (*) | (*) | 1,82 |
| SOx | (*) | (*) | 0,017 | 0,0004 | (*) | (*) | 0,017 |
| Oxido Nitroso | (*) | (*) | 0,013 | 0,0003 | (*) | (*) | 0,013 |
| NOx | (*) | (*) | 7,91 | 0,16 | (*) | (*) | 8,07 |
| Hidrocarburo | (*) | (*) | 0,27 | 0,0057 | (*) | (*) | 0,275 |
| PM Total | (*) | (*) | 0,48 | 0,01 | (*) | (*) | 0,49 |
| CO ₂ | (*) | (*) | 539 | 11 | (*) | (*) | 550 |

(*): La información de entrada necesaria para efectuar el cálculo de emisiones no fue entregada por la empresa a la fecha de cierre del presente informe.

Emisiones de polvo resuspendido

Para la emisión de polvo resuspendido se considera una eficiencia del 50% del sistema de abatimiento por aspersión de agua en caminos no pavimentados. La tabla a continuación entrega las emisiones de material particulado producida por la circulación de los camiones dentro de los rellenos.

Tabla 87. Emisión de polvo resuspendido por paso de camiones (Ton/año)

| Contaminante | SANTA MARTA | LOMA LOS COLORADOS | SANTIAGO PONIENTE | POPETA | LEPANTO | LO ERRAZURIZ | TOTAL |
|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------|---------|--------------|--------|
| PM ₁₀ | (*) | (*) | 233,79 | 4,95 | - | - | 238,74 |
| PTS | (*) | (*) | 762,45 | 16,15 | - | - | 778,6 |
| PM _{2,5} | (*) | (*) | 35,85 | 0,75 | - | - | 36,6 |

(*): Información no entregada a la fecha del presente informe por las empresas.

5.4.2.2 Quemias

5.4.2.2.1 Quema agrícola (legal e ilegal)

5.4.2.2.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Las quemias agrícolas son procesos de combustión de menor escala como quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos. Estas quemias se clasifican en legales (autorizadas) e ilegales. Las quemias ilegales corresponden a quemias agrícolas no permitidas que se llevan a cabo principalmente entre mayo y septiembre de cada año. Las quemias legales corresponden a las inscripciones que se realizan para anunciar la quema de rastrojos agrícolas y otros. Se realizan entre los meses de temporada y están reguladas en el DS 276/80 y por el DS 584/2006 que modifica el DS 100/1990 del Ministerio de Agricultura.

En inventarios anteriores (1997 y 2000), se calcularon emisiones utilizando una metodología (ver ecuación siguiente) que multiplica la superficie afectada o quemada (por comuna), por el factor de emisión, correspondiente al factor promedio indicado por la CARB²⁶ en sus reportes del año 1999, asociado a “grass and woodland” (ver tabla 103).

$$E = S * FE$$

Ecuación 27

Donde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por quemias agrícolas.

FE : Factor de emisión del contaminante considerado.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), es la encargada de fiscalizar, prevenir y controlar los incendios forestales y quemias agrícolas, por lo cual lleva un registro tanto del número incendios forestales como de las quemias agrícolas, entregando la extensión de cada siniestro en hectáreas consumidas, separadas por comuna y distinguiendo en la siguiente clasificación:

- quemias legales
- quemias ilegales

²⁶ California Air Resources Board, Source Inventory, Categories N° 751-752, Miscellaneous Emisión Sources Accidental Fires-Vegetation – Timber/Brush (751) – Grass/Woodland / Agricultural (752), año base 1999.

- incendios de vegetación natural (separados en arbolado, matorral y pastizal)
- incendios de plantaciones forestales (separados en pino, eucaliptos, otras plantaciones)

El factor de emisión para quemas legales e ilegales es el mismo, sin embargo, las emisiones son presentadas de manera separada a fin de identificar sus responsabilidades.

Tabla 88. Factores de Emisión para quemas agrícolas utilizados en inventarios anteriores

| Contaminante | Factores de Emisión (Kg/ha) Quemas autorizadas e ilegales ³ |
|------------------------------|---|
| CO ¹ | 226,40 |
| NO _x ¹ | ---- |
| TOG ¹ | 43,71 |
| PTS ¹ | 35,87 |
| NH ₃ ² | 1,34 |

Fuente: 1. California Air Resources Board 1999. 2. Radian, 1991.

3. Se asume que este factor de emisión corresponde a áreas de “Grass & Woodland,” nombre en inglés especificado en la metodología de la CARB.

Nota: Los factores originales der la CARB están expresados en lbs/acre

Durante la combustión de material vegetal (tanto de quemas agrícolas como de incendios forestales) se incorporan a la atmósfera una gran cantidad de sustancias contaminantes, siendo las más importantes monóxido de carbono, compuestos orgánicos gaseosos y material particulado, principalmente carbón no quemado. En las quemas de desechos vegetales, se emiten bajas cantidades de óxidos de nitrógeno y se generan grandes cantidades de dióxido de carbono y vapor de agua. En la metodología presentada por la CARB descrita anteriormente, las tasas de emisión de óxidos de nitrógeno se consideran despreciables, como se observa en la tabla anterior (Tabla 103).

La CARB presentó en junio de 2005 una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones asociado a quemas de residuos agrícolas, “Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology”²⁷.

En esta metodología se presentan factores de emisión detallados por tipos de cultivos agrícola 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 hierbas, y también se presentan las cargas de combustible por superficie consumida.

Para cada actividad se reportan factores de emisión en libras de contaminante por toneladas de cultivo o especie quemada. Como se observa en la Tabla 104, los factores vienen dados por tipo de cultivo, por lo tanto, para poder aplicar esta metodología, se debe contar con información de las **hectáreas quemadas por tipo de cultivo** y comuna para la Región Metropolitana, información que no registra CONAF dentro de sus catastros de quemas

²⁷ <http://o3.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full17-17.pdf>

comunales. Sus registros se basan en determinar las hectáreas totales quemadas por comuna (avisadas o ilegales) asociadas terrenos agrícolas.

Tabla 89. Factores de emisión asociados a quemas agrícolas. Extracto de Attachment B - Waste Burn Emission Factors, del la SEction 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, Carb.

| Code | Crop Name | EIC Description | PM10 | PM25 | NOX | SO2 | VOC | CO | |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------|-------|-------|------|------|-------|--------|-------|
| Agriculture - Field Crops | | | | | | | | | |
| 241 | Alfalfa | Agriculture - Field Crop | 28.50 | 27,2 | 4,5 | 0,6 | 21,7 | 119 | 0.800 |
| 247 | Asparagus | Agriculture - Field Crop | 40.00 | 39,34 | 4,49 | 0,61 | 66 | 150 | 1.500 |
| 242 | Barley | Agriculture - Field Crop | 14.30 | 13,8 | 5,1 | 0,1 | 15 | 183,7 | 1.700 |
| 243 | Bean/pea | Agriculture - Field Crop | 13.70 | 13 | 5,2 | 0,1 | 14,2 | 148 | 2.500 |
| 244 | Corn | Agriculture - Field Crop | 11.40 | 10,9 | 3,3 | 0,4 | 6,6 | 70,9 | 4.200 |
| 245 | Cotton | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 609 | Dried flowers | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 246 | Flax | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 609 | Flower straw | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 612 | Nursery prunings | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 248 | Oats | Agriculture - Field Crop | 20.70 | 19,7 | 4,5 | 0,6 | 10,3 | 136 | 1.600 |
| 255 | Other field crops | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 260 | Pea vines | Agriculture - Field Crop | 13.70 | 13 | 5,2 | 0,1 | 14,2 | 148 | 2.500 |
| 249 | Peanuts | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 250 | Rice | Agriculture - Field Crop | 6.30 | 5,9 | 5,2 | 1,1 | 4,7 | 57,4 | 3.000 |
| 251 | Rye | Agriculture - Field Crop | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 252 | Safflower | Agriculture - Field Crop | 17.70 | 16,9 | 4,5 | 0,6 | 14,8 | 144 | 1.300 |
| Agriculture - Pruning | | | | | | | | | |
| 101 | Almond | Agriculture - Pruning | 7.00 | 6,7 | 5,9 | 0,1 | 5,2 | 52,2 | 1.000 |
| 102 | Apple | Agriculture - Pruning | 3.90 | 3,7 | 5,2 | 0,1 | 2,3 | 42 | 2.300 |
| 103 | Apricot | Agriculture - Pruning | 5.90 | 5,6 | 5,2 | 0,1 | 4,6 | 49 | 1.800 |
| 104 | Avocado | Agriculture - Pruning | 20.60 | 19,4 | 5,2 | 0,1 | 18,5 | 116 | 1.500 |
| 720 | Bamboo | Agriculture - Pruning | 15.90 | 15,18 | 4,49 | 0,61 | 10,73 | 113,95 | 2.175 |
| 105 | Bushberry | Agriculture - Pruning | 7.80 | 7,3 | 5,2 | 0,1 | 6,3 | 66 | 1.700 |
| 106 | Cherry | Agriculture - Pruning | 7.90 | 7,4 | 5,2 | 0,1 | 6 | 44 | 1.000 |

Respecto a los cultivos agrícolas, si bien se conoce la superficie correspondiente a cada cultivo agrícola de la Región Metropolitana (separados en cereales y chacras; hortalizas; y frutales, y cada uno de estos desagregados por especie, ej: hortalizas: acelgas, lechugas, porotos verdes, cebollas, etc.), esta información no puede ser empleada de manera directa, debido a que no todas las hectáreas agrícolas son quemados para preparar los terrenos para nuevas siembras, o no todos los rastrojos o residuos agrícolas son quemados en toda la extensión de las hectáreas de un cultivo en particular, sino que solo para ciertos cultivos se queman sus terrenos post cosecha, y otros, como por ejemplo los frutales, sus residuos agrícolas (que en este caso son las ramas provenientes del período de podas) son acumulados en sectores dentro de los terrenos y son quemados apilados. Por lo tanto, el conocer las hectáreas de cultivos por especies o bien su proporcionalidad para sacar

factores de emisión ponderados por la participación de cada tipo de cultivo (cereales y chacras, hortalizas, y frutales) no sería lo más adecuado.

Por consiguiente, como no se tiene registro del número de hectáreas quemadas por tipo de cultivos, ni la carga de material quemado por hectárea, se determinó trabajar con el supuesto que un 70% de las hectáreas quemadas corresponden a cereales, chacras y hortalizas y que un 30% corresponde a quemas provenientes de residuos de cultivos frutales (podas)²⁸. A partir de este supuesto, se sacó un factor de emisión ponderado para quemas agrícolas en su conjunto.

Además, no todos los tipos de cultivos que se encuentran en los registros nacionales tienen su equivalente en los tipos de cultivos indicados en el documento de la CARB, por lo que algunos factores de emisión se les debe asignar un factor equivalente según sus características vegetales.

Cabe destacar que en la tabla anterior los factores de emisión asociados a quemas de ramas provenientes de podas de los distintos tipos de árboles frutales, son menores que los factores asociados a las quemas de rastrojos y desechos provenientes de las cosechas de cereales, chacras y hortalizas en lo que respecta a material particulado y monóxido de carbono, y, por el contrario, los factores de emisión de óxidos de nitrógeno son mayores aunque en cantidades acotadas (por ej: 5,2 y 3,3 lbs/ton, de ciruelo y maíz, respectivamente).

Los factores de emisión ponderados finales que se obtuvieron se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 90. Factores de Emisión para quemas agrícolas utilizados en el presente estudio

| Unidades | Factores de Emisión Quemadas Agrícolas | | | | | | Loading (tons/acre) |
|-----------|--|-------|-------|------|-------|--------|---------------------|
| | PM10 | PM25 | NOX | SO2 | VOC | CO | |
| (lbs/ton) | 10,75 | 10,24 | 4,43 | 0,51 | 7,47 | 93,27 | 2,38 |
| lbs/Acre | 25,54 | 24,32 | 10,52 | 1,22 | 17,76 | 221,61 | |
| Kg/ha | 28,63 | 27,26 | 11,79 | 1,36 | 19,90 | 248,38 | |

Si bien se presenta una actualización metodológica en lo que se refiere a factores de emisión específicos por especie, aplicar esta metodología implica que los valores de emisiones dejan de ser comparables entre distintos inventarios. Se recomienda que con el objetivo de tener una compatibilidad evolutiva de emisiones, se recalculen las emisiones de inventarios anteriores asociadas a esta fuente con esta nueva metodología de emisión.

5.4.2.2.1.2 Niveles de actividad

La tabla siguiente muestra la superficie afectada por quemas agrícolas autorizadas e ilegales desagregado por comuna.

²⁸ Criterio experto según entrevista a ingenieros forestales.

Tabla 91. Hectáreas consumidas por quemas agrícolas, escenario 2005.

| Comuna | Quemas (Ha) | |
|-------------------|-----------------|---------------|
| | Autorizadas | Ilegales |
| Alhué | 120.52 | 0.00 |
| Buín | 446.47 | 11.99 |
| Calera de Tango | 288.77 | 9.08 |
| Cerrillos | | 0.10 |
| Colina | 259.14 | 6.79 |
| Conchalí | | |
| Curacaví | 51.29 | 2.34 |
| El Monte | 210.79 | 2.22 |
| Huechuraba | 0.50 | 0.03 |
| Isla de Maipo | 53.86 | 10.23 |
| La Florida | | 0.03 |
| La Pintana | | 1.47 |
| La Reina | | 0.20 |
| Lampa | 48.38 | 9.84 |
| Las Condes | | |
| Lo Barnechea | | |
| Lo Prado | | |
| Maipú | 4.30 | 1.46 |
| Maria Pinto | 484.56 | 1.83 |
| Melipilla | 2,890.80 | 32.83 |
| Padre Hurtado | 101.23 | 1.60 |
| Paine | 1,848.17 | 17.06 |
| PeñaFlor | 106.87 | 2.48 |
| Peñalolén | | 0.01 |
| Pirque | 93.68 | 8.44 |
| Providencia | | |
| Pudahuel | 1.00 | 1.85 |
| Puente alto | 5.28 | 3.88 |
| Quilicura | | 1.28 |
| Recoleta | | |
| Renca | | 0.23 |
| San Bernardo | 228.44 | 8.78 |
| San José de Maipo | 1.33 | 0.23 |
| San Pedro | 426.66 | 17.72 |
| Talagante | 680.28 | 4.40 |
| Til Til | 100.56 | 1.14 |
| Vitacura | | |
| Total | 8,452.88 | 159.54 |

Fuente: CONAF, 2006.

Nota: celda vacía implica cero hectáreas afectadas.

5.4.2.2.1.3 Cálculo de emisiones

La siguiente tabla resume los cálculos de emisiones correspondientes al escenario 2005 utilizando las dos metodologías descritas.

Tabla 92. Comparación de emisiones según distintos factores de emisión, para quemas agrícolas, escenario 2005.

| | Emisiones (ton/año) | | | | | | | |
|-----------|---------------------|--------|---------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|--------|
| | MP10 | MP2.5 | CO | NO _x | VOC | SO _x | NH ₃ | PTS |
| CARB 1999 | 308,89 | 278,00 | 1949,88 | 0,00 | 376,46 | NE | 11,54 | 311,98 |
| CARB 2005 | 246,54 | 234,75 | 2139,19 | 101,55 | 171,40 | 11,73 | 11,54 | 249,01 |

NE: No Estimado

De la tabla se desprende que los nuevos factores de emisión entregan resultados de emisiones de material particulado y compuestos orgánicos volátiles menores a los estimados con los factores de 1999, y mayores para el caso del monóxido de carbono. Cabe destacar que si bien la metodología de 1999 indicaba que las emisiones de NO_x eran despreciables para quemas de material vegetal por no alcanzar temperaturas tan elevadas como en el caso de incendios forestales, así como los factores presentados por el documento de la CARB del 2005 para valores de óxidos de nitrógeno.

Las tablas siguientes reportan las emisiones desagregadas espacialmente:

Tabla 93. Emisiones generadas por quemas agrícolas autorizadas, escenario 2005.

| Comuna | ha afectada | Emisiones (ton/año) | | | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------|
| | | PM10 | PM25 | NOX | SO2 | VOC | CO | PTS | NH3 |
| Alhue | 120,52 | 3,45 | 3,29 | 1,42 | 0,16 | 2,40 | 29,94 | 3,48 | 0,16 |
| Buin | 446,47 | 12,78 | 12,17 | 5,26 | 0,61 | 8,89 | 110,90 | 12,91 | 0,60 |
| Calera de Tango | 288,77 | 8,27 | 7,87 | 3,40 | 0,39 | 5,75 | 71,73 | 8,35 | 0,39 |
| Cerrillos | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colina | 259,14 | 7,42 | 7,06 | 3,06 | 0,35 | 5,16 | 64,37 | 7,49 | 0,35 |
| Conchali | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Curacavi | 51,29 | 1,47 | 1,40 | 0,60 | 0,07 | 1,02 | 12,74 | 1,48 | 0,07 |
| El Monte | 210,79 | 6,03 | 5,75 | 2,49 | 0,29 | 4,20 | 52,36 | 6,09 | 0,28 |
| Huechuraba | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,01 | 0,00 |
| Isla de Maipo | 53,86 | 1,54 | 1,47 | 0,64 | 0,07 | 1,07 | 13,38 | 1,56 | 0,07 |
| La Florida | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| La Pintana | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| La Reina | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lampa | 48,38 | 1,38 | 1,32 | 0,57 | 0,07 | 0,96 | 12,02 | 1,40 | 0,06 |
| Las Condes | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Barnechea | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Prado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Maipu | 4,30 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,01 | 0,09 | 1,07 | 0,12 | 0,01 |
| Maria Pinto | 484,56 | 13,87 | 13,21 | 5,71 | 0,66 | 9,64 | 120,36 | 14,01 | 0,65 |
| Melipilla | 2890,80 | 82,75 | 78,79 | 34,09 | 3,94 | 57,53 | 718,03 | 83,58 | 3,87 |
| Padre Hurtado | 101,23 | 2,90 | 2,76 | 1,19 | 0,14 | 2,01 | 25,14 | 2,93 | 0,14 |
| Paine | 1848,17 | 52,91 | 50,38 | 21,79 | 2,52 | 36,78 | 459,06 | 53,44 | 2,48 |
| Peña Flor | 106,87 | 3,06 | 2,91 | 1,26 | 0,15 | 2,13 | 26,54 | 3,09 | 0,14 |
| Peñalolen | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirque | 93,68 | 2,68 | 2,55 | 1,10 | 0,13 | 1,86 | 23,27 | 2,71 | 0,13 |
| Providencia | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pudahuel | 1,00 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,25 | 0,03 | 0,00 |
| Puente Alto | 5,28 | 0,15 | 0,14 | 0,06 | 0,01 | 0,11 | 1,31 | 0,15 | 0,01 |
| Quilicura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Recoleta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Renca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| San Bernardo | 228,44 | 6,54 | 6,23 | 2,69 | 0,31 | 4,55 | 56,74 | 6,60 | 0,31 |
| San J. Maipo | 1,33 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,33 | 0,04 | 0,00 |
| San Pedro | 426,66 | 12,21 | 11,63 | 5,03 | 0,58 | 8,49 | 105,98 | 12,34 | 0,57 |
| Talagante | 680,28 | 19,47 | 18,54 | 8,02 | 0,93 | 13,54 | 168,97 | 19,67 | 0,91 |
| Til Til | 100,56 | 2,88 | 2,74 | 1,19 | 0,14 | 2,00 | 24,98 | 2,91 | 0,13 |
| Vitacura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 8452,88 | 241,98 | 230,40 | 99,67 | 11,52 | 168,23 | 2099,56 | 244,39 | 11,33 |

Tabla 94. Emisiones generadas por quemas agrícolas ilegales, escenario 2005.

| Comuna | ha afectada | Emisiones (ton/año) | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | | PM10 | PM25 | NOX | SO2 | VOC | CO | PTS | NH3 |
| Alhue | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buín | 11,99 | 0,34 | 0,33 | 0,14 | 0,02 | 0,24 | 2,98 | 0,35 | 0,02 |
| Calera de Tango | 9,08 | 0,26 | 0,25 | 0,11 | 0,01 | 0,18 | 2,26 | 0,26 | 0,01 |
| Cerrillos | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Colina | 6,79 | 0,19 | 0,19 | 0,08 | 0,01 | 0,14 | 1,69 | 0,20 | 0,01 |
| Conchali | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Curacaví | 2,34 | 0,07 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,58 | 0,07 | 0,00 |
| El Monte | 2,22 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,55 | 0,06 | 0,00 |
| Huechuraba | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Isla de Maipo | 10,23 | 0,29 | 0,28 | 0,12 | 0,01 | 0,20 | 2,54 | 0,30 | 0,01 |
| La Florida | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| La Pintana | 1,47 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,37 | 0,04 | 0,00 |
| La Reina | 0,20 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| Lampa | 9,84 | 0,28 | 0,27 | 0,12 | 0,01 | 0,20 | 2,44 | 0,28 | 0,01 |
| Las Condes | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Barnechea | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Prado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Maipo | 1,46 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,36 | 0,04 | 0,00 |
| Maria Pinto | 1,83 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,45 | 0,05 | 0,00 |
| Melipilla | 32,83 | 0,94 | 0,89 | 0,39 | 0,04 | 0,65 | 8,15 | 0,95 | 0,04 |
| Padre Hurtado | 1,60 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,40 | 0,05 | 0,00 |
| Paine | 17,06 | 0,49 | 0,47 | 0,20 | 0,02 | 0,34 | 4,24 | 0,49 | 0,02 |
| Peñaflor | 2,48 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,62 | 0,07 | 0,00 |
| Peñalolen | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirque | 8,44 | 0,24 | 0,23 | 0,10 | 0,01 | 0,17 | 2,10 | 0,24 | 0,01 |
| Providencia | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pudahuel | 1,85 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,46 | 0,05 | 0,00 |
| Puente Alto | 3,88 | 0,11 | 0,11 | 0,05 | 0,01 | 0,08 | 0,96 | 0,11 | 0,01 |
| Quilicura | 1,28 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,32 | 0,04 | 0,00 |
| Recoleta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Renca | 0,23 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| San Bernardo | 8,78 | 0,25 | 0,24 | 0,10 | 0,01 | 0,17 | 2,18 | 0,25 | 0,01 |
| San J. Maipo | 0,23 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| San Pedro | 17,72 | 0,51 | 0,48 | 0,21 | 0,02 | 0,35 | 4,40 | 0,51 | 0,02 |
| Talagante | 4,40 | 0,13 | 0,12 | 0,05 | 0,01 | 0,09 | 1,09 | 0,13 | 0,01 |
| Til Til | 1,14 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,28 | 0,03 | 0,00 |
| Vitacura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 159,54 | 4,57 | 4,35 | 1,88 | 0,22 | 3,18 | 39,63 | 4,61 | 0,21 |

5.4.2.2.2.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Los incendios forestales son procesos de combustión incontrolados, de gran tamaño que consumen vegetación de variadas especies y tamaños en un área geográfica.

Para realizar la estimación se requiere de información sobre el tipo de material que se quema y la superficie afectada, además de los factores de emisión para cada tipo de material.

La ecuación siguiente resume la estimación de emisiones:

$$E = S * FE \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

E : emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por incendios forestales.

FE : factor de emisión del contaminante considerado.

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones del inventario son los desarrollados por el “California Air Resources Board” versión revisada 1999, para incendios forestales.

Las cargas de combustible considerados por estos factores de emisión corresponden a 33.63 Ton/Ha para los incendios forestales.

Tabla 95. Factores de Emisión para incendios de plantaciones forestales

| Contaminante | Factores de Emisión (Kg/ha) Incendios de vegetación natural ³ | Factores de Emisión (Kg/ha) Incendios de plantaciones forestales ⁴ |
|------------------------------|--|---|
| CO ¹ | 226,40 | 2790,81 |
| NO _x ¹ | ---- | 131,13 |
| TOG ¹ | 43,71 | 168,12 |
| PTS ¹ | 35,87 | 571,61 |
| NH ₃ ² | 1,34 | 2,69 |

Fuente: 1. California Air Resources Board 1999. 2. Radian, 1991.

3. Se asume que este factor de emisión corresponde a áreas de “Grass & Woodland,” nombre en inglés especificado en la metodología de la CARB.

4. Se asume que este factor de emisión corresponde a áreas de “Timber & Brush,” nombre en inglés especificado en la metodología de la CARB.

La tabla siguiente muestra la superficie afectada por incendios de vegetación natural e incendios de plantaciones forestales desagregadas por comuna, información entregada por CONAF, en donde se definen rastrojos y matorrales como vegetación natural y pinos y eucaliptus como plantaciones forestales.

Tabla 96. Hectáreas consumidas por incendios forestales, escenario 2005.

| Comuna | Incendios Forestales (ha) | |
|-------------------|---------------------------|--------------------|
| | Plantaciones | Vegetación Natural |
| Alhué | 0.00 | 259.60 |
| Buín | 0.12 | 7.44 |
| Calera de Tango | 1.10 | 16.20 |
| Colina | 6.00 | 40.80 |
| Conchalí | | |
| Curacaví | 0.20 | 110.75 |
| El Monte | 0.10 | 4.20 |
| Huechuraba | 0.60 | 16.02 |
| Isla de Maipo | 0.10 | 1.10 |
| La Florida | 0.00 | 2.50 |
| Lampa | 1.20 | 298.02 |
| Las Condes | 0.50 | 29.80 |
| Maipú | 0.00 | 2.10 |
| Maria Pinto | 0.00 | 1.52 |
| Melipilla | 16.12 | 1585.18 |
| Padre Hurtado | 0.00 | 14.51 |
| Paine | 0.25 | 62.65 |
| PeñaFlor | 0.30 | 4.51 |
| Peñalolén | 0.40 | 4.30 |
| Pirque | 0.00 | 4.70 |
| Providencia | 0.10 | 0.52 |
| Pudahuel | 2.00 | 32.93 |
| Puente alto | 0.10 | 1.72 |
| Quilicura | 0.00 | 26.82 |
| Recoleta | 0.10 | 2.86 |
| Renca | 2.60 | 21.52 |
| San Bernardo | 0.10 | 87.96 |
| San José de Maipo | 0.00 | 4.60 |
| San pedro | 451.10 | 1561.86 |
| Talagante | 0.60 | 28.25 |
| Til Til | 0.00 | 18.66 |
| Vitacura | 0.00 | 1.32 |
| Total | 483.69 | 4254.92 |

Fuente: CONAF, 2006.

Las siguientes tablas resumen los cálculos de emisiones correspondientes al escenario 2005 asociados a plantaciones forestales y vegetación natural.

Tabla 97. Emisiones generadas por incendios de plantaciones forestales y vegetación natural, 2005.

| COMUNA | EMISIONES (Ton/año) temporada 2004-2005 | | | | |
|-------------------|---|-------------|--------------|--------------|------------|
| | CO | NOX | GOT | PTS | NH3 |
| Alhue | 58,8 | 0,0 | 11,3 | 9,3 | 0,3 |
| Buín | 2,0 | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,0 |
| Calera de Tango | 6,7 | 0,1 | 0,9 | 1,2 | 0,0 |
| Cerrillos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Colina | 26,0 | 0,8 | 2,8 | 4,9 | 0,1 |
| Conchali | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Curacaví | 25,6 | 0,0 | 4,9 | 4,1 | 0,1 |
| El Monte | 1,2 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| Huechuraba | 5,3 | 0,1 | 0,8 | 0,9 | 0,0 |
| Isla de Maipo | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| La Florida | 0,6 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| La Pintana | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| La Reina | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lampa | 70,8 | 0,2 | 13,2 | 11,4 | 0,4 |
| Las Condes | 8,1 | 0,1 | 1,4 | 1,4 | 0,0 |
| Lo Barnechea | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lo Prado | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Maipo | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Maria Pinto | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Melipilla | 403,9 | 2,1 | 72,0 | 66,1 | 2,2 |
| Padre Hurtado | 3,3 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,0 |
| Paine | 14,9 | 0,0 | 2,8 | 2,4 | 0,1 |
| Peñaflor | 1,9 | 0,0 | 0,2 | 0,3 | 0,0 |
| Peñalolén | 2,1 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,0 |
| Pirque | 1,1 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| Providencia | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Pudahuel | 13,0 | 0,3 | 1,8 | 2,3 | 0,0 |
| Puente Alto | 0,7 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Quilicura | 6,1 | 0,0 | 1,2 | 1,0 | 0,0 |
| Recoleta | 0,9 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,0 |
| Renca | 12,1 | 0,3 | 1,4 | 2,3 | 0,0 |
| San Bernardo | 20,2 | 0,0 | 3,9 | 3,2 | 0,1 |
| San José de Maipo | 1,0 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| San Pedro | 1612,5 | 59,2 | 144,1 | 313,9 | 3,3 |
| Talagante | 8,1 | 0,1 | 1,3 | 1,4 | 0,0 |
| Til Til | 4,2 | 0,0 | 0,8 | 0,7 | 0,0 |
| Vitacura | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 2313,2 | 63,4 | 267,3 | 429,1 | 7,0 |

5.4.2.2.3 Incendios urbanos

5.4.2.2.3.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

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, actualización 1999. Esta metodología considera el número de siniestros ocurridos durante el período de estudio y una tasa de emisión que representa los kilogramos de contaminante por siniestro ocurrido. La ecuación siguiente resume el cálculo de emisiones para este tipo de fuente:

$$E = K * FE \quad \text{Ecuación 29}$$

E : emisiones anuales [ton/año].
K : número de siniestros ocurridos en un año.
FE : factor de emisión del contaminante considerado.

Los factores de emisión son proporcionados por la CARB, y se presentan a continuación.

Tabla 98. Factores de Emisión para Incendios Urbanos revisados

| | TOG | NO _x | SO _x | PM | CO |
|--------------|-----|-----------------|-----------------|-----|------|
| kg/ton | 7,0 | 2,0 | 0,0 | 5,4 | 84,0 |
| kg/siniestro | 8,0 | 2,3 | 0,0 | 6,2 | 97,0 |

Fuente: CARB, California.

5.4.2.2.3.2 Niveles de actividad

El número de siniestros se determina en base a la información manejada por el Cuerpo de Bomberos de Santiago, el cuál agrupa sólo a 9 comunas de la Región Metropolitana que son Santiago, Providencia, Las Condes, Vitacura, Lo Barnechea, Independencia, Recoleta, Renca, Estación Central. A partir de la información se estima un factor de emisión por persona, extendiéndose el número de incendios al resto de las comunas.

Los siniestros totales estimados son 19.029 para el total de comunas de la Región Metropolitana.

5.4.2.2.3.3 Cálculo de emisiones

Las emisiones asociadas a incendios urbanos correspondientes al escenario 2005 se entregan en la siguiente tabla.

Tabla 99. Emisiones incendios urbanos, escenario 2005.

| Emisiones en Ton/año | | | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------|--------|---------|-----------------|
| TOG | NO _x | SO _x | PM | CO | NH ₃ |
| 153,96 | 44,11 | 0,00 | 119,36 | 1859,65 | 36,29 |

5.4.2.2.4.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Las emisiones provenientes de este tipo de fuente se obtienen al multiplicar un factor de emisión por el nivel de consumo en la población. Los factores se derivan de estudios referentes al tipo y cantidad de emisiones producidas por la quema del tabaco, realizados por la Compañía Chilena de Tabacos.

El nivel de consumo se obtiene de la sumatoria entre las cantidades producidas a nivel nacional y las importaciones para luego restar las exportaciones efectuadas en el país, tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$C = PN + I - E \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

C : consumo neto [cigarrillos/año]
PN : producción nacional [cigarrillos/año]
I : importaciones [cigarrillos/año]
E : exportaciones [cigarrillos/año]

La información de producción nacional se obtiene a través de INE, mientras que las cantidades importadas y exportadas a través de los servicios de Aduana.

La información disponible permite obtener solamente el consumo nacional. Para obtener el consumo en la Región Metropolitana se debe entonces obtener el consumo per cápita a nivel nacional dividiendo el consumo nacional por el número de habitantes mayores de 15 años del país (se realiza el supuesto que la población fumadora supera esa edad), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C_P = \frac{C_N}{P_N} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

C_P: consumo per cápita nacional [ton/año-habitante]
C_N: consumo neto nacional [ton/año]
P_N: población nacional mayor a 15 años [habitantes]

Luego, se debe multiplicar la cantidad de habitantes mayor a 15 años de la Región Metropolitana por el consumo per cápita calculado en el paso previo:

$$C_{RM} = C_P * P_{RM} \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde

C_{RM}: consumo en la Región Metropolitana [ton/año]
P_{RM}: población de la Región Metropolitana mayor a 15 años [habitantes]

Finalmente, el consumo de cigarrillos per cápita obtenido para la región se multiplica por el factor de emisión respectivo obteniendo de esta manera las emisiones para el contaminante en cuestión.

El consumo de cigarrillos genera emisiones de material particulado muy fino el que está constituido por al menos 150 sustancias tóxicas, entre las que se encuentran el ácido arcenioso, quinoleina, acroleina, aldehidos, fenoles, bensoalfapirenos, metales pesados como plomo, cobre y estaño. Esto constituye una fuente considerable de emisión en lugares cerrados y mal ventilados, siendo parte importante de la contaminación intradomiciliaria.

La siguiente Tabla indica los factores de emisión utilizados en el cálculo de emisiones, los cuales provienen del estudio “Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factor for Modeling Exposures of California Populations”, desarrollado por California Air Resources Board, para PM10, y de la Compañía Chile Tabacos para amoniaco.

Tabla 100. Factores de emisión consumo de cigarrillos

| | FE [mg/cig] |
|----------------------|-------------|
| Amoniaco | 5,2 |
| Material particulado | 8 |

5.4.2.2.4.2 Niveles de actividad

Los niveles de actividad están dados por el consumo de cigarrillos que existe en la Región Metropolitana. Para se contó con la siguiente información, la cual se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 101. Producción Nacional de cigarrillos

| Año | Ventas (cig/año) |
|------|------------------|
| 1997 | 11.569.307.000 |
| 1998 | 13.270.674.000 |
| 1999 | 13.270.674.000 |
| 2000 | 13.667.751.000 |
| 2001 | 13.547.407.000 |
| 2002 | 13.340.472.000 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas

Tabla 102. Importaciones y Exportaciones

| AÑO | Importaciones (cig/año) | Exportaciones (cig/año) |
|------|----------------------------|----------------------------|
| 1997 | 117.376.200 | 162.322.800 |
| 1998 | 163.769.120 | 219.496.000 |
| 1999 | 47.275.710 | 1.149.961.400 |
| 2000 | 101.209.540 | 1.175.053.600 |
| 2001 | 173.383.820 | 1.054.662.000 |
| 2002 | 121.517.840 | 1.146.186.120 |
| 2003 | 134.237.313,3 | 1.396.428.207 |
| 2004 | 154.433.706,7 | 1.706.279.473 |
| 2005 | 108.922.760 | 2.683.278.767 |

Fuente: Aduana

Tabla 103. Consumo de cigarrillos RM

| Año | Consumo RM (cig/per) |
|------|-------------------------|
| 1997 | 4.152.447.030 |
| 1998 | 6.598.630.395 |
| 1999 | 4.426.530.460 |
| 2000 | 4.992.630.666 |
| 2001 | 4.661.396.142 |
| 2002 | 5.509.368.955 |

Fuente: Elaboración propia

Mediante una regresión lineal y usando el programa estadístico SPSS, es posible proyectar los datos para los años, para así poder obtener valores de consumo y producción.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 104. Consumo de cigarrillos RM

| Año | Ventas (cig/año) | Importación (cig/año) | Exportación (cig/año) | CRM (cig/per) |
|------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| 2005 | 14.689.920.571 | 108.922.760 | 2.683.278.767 | 458.3881.448 |

Fuente: Elaboración propia

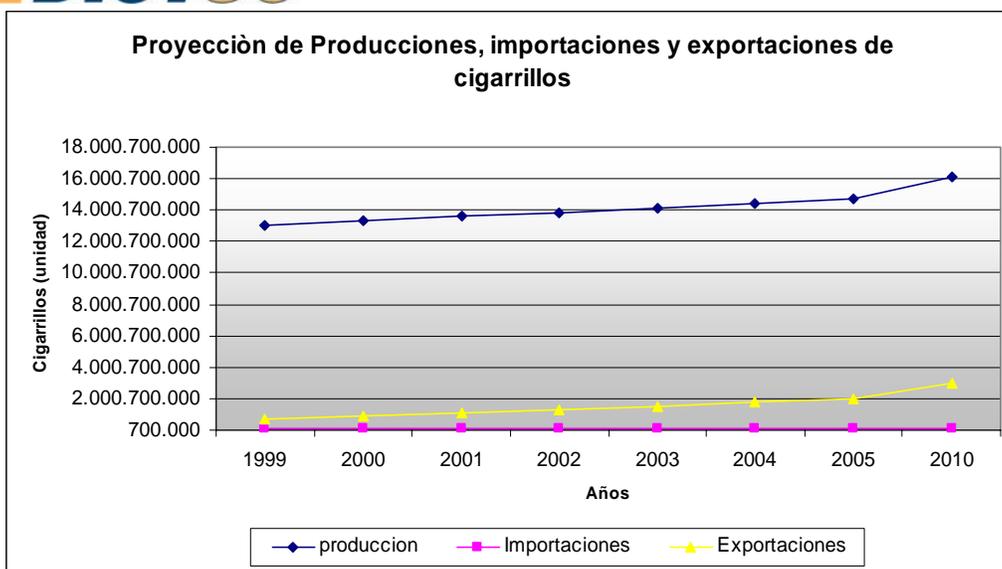


Figura 28. Proyecciones de consumo de cigarrillos en la RM.

Fuente: Elaboración propia

5.4.2.2.4.3 Cálculo de emisiones

Para el cálculo de las emisiones, se utilizaron los niveles de actividad y los factores de emisiones mencionados anteriormente, los valores obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 105. Emisiones

| Año | Emisión MP [ton/año] | Emisión NH ₃ [ton/año] |
|------|----------------------|-----------------------------------|
| 2005 | 36,7 | 23,84 |

Fuente: Elaboración propia

5.4.2.3 Producción de ladrillos

5.4.2.3.1 Producción de ladrillos artesanales

5.4.2.3.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La producción de ladrillos artesanales es incorporada al presente inventario de emisiones de la Región Metropolitana.

En relación a las emisiones, antes del año 2005, éstas provenían de la combustión de leña, viruta y carbón en el proceso. Sin embargo, se considera que al año 2005, a través de los acuerdos la producción limpia, la producción de ladrillo se efectúa con gas licuado en el proceso.

Para su estimación en el escenario 2000 del último Inventario efectuado en la RM se utilizaron los datos proporcionados por SESMA en su página WEB²⁹ en los cuales se indica que por ladrillo promedio fabricado se requieren 180gr de leña, 140 gr de carbón y 40 gr de Viruta en promedio.

El nivel de actividad promedio para un horno de ladrillos artesanales es del orden de los 65.000 ladrillos por año, la cual es desarrollada principalmente en los meses de verano correspondientes al período septiembre – marzo, dado que el mal tiempo impide la actividad, considerando que los ladrillos deben ser secados al aire libre y la lluvia puede destruir la producción del material no cocido.

En el caso de la leña los Manuales del Programa de Inventario de Emisiones en México en su Volumen V recomiendan para la combustión de leña en hornos de ladrillo artesanal la utilización de los factores de emisión presentados en la siguiente tabla. En el inventario de emisiones anterior, además se utilizó el mismo factor de emisión para el caso de la Viruta, según recomendaciones de SESMA en el 2003.

Tabla 106. Factores de Emisión Utilizados Para Combustión de Leña y viruta en Obra de Ladrillo

| Contaminante | Factor (gr/kg) |
|------------------|----------------|
| PM ₁₀ | 17,3 |
| CO | 126,3 |
| SO _x | 0,2 |
| NO _x | 1,3 |
| VOC | 114,5 |
| CO ₂ | 1700 |

Fuente: AP-42, Sección 1.9-4, Tabla 1.9-1

En el caso del carbón se consideran los valores presentados en la siguiente tabla recomendado por SESMA. El carbón utilizado por los fabricantes proviene de Lota, por lo tanto corresponde a un tipo Sub Bituminoso con un porcentaje de azufre del 5% máximo, valor introducido en el factor recomendado por EPA en la tabla para la estimación de los SO_x.

Tabla 107. Factores de Emisión Utilizados para la Combustión de Carbón en Obras de Ladrillo.

| Contaminante | Factor (gr/kg) |
|---------------------|----------------|
| PM ₁₀ | 3,1 |
| CO | 137,5 |
| SO _x (1) | 80 |
| NO _x | 4,55 |
| VOC (2) | 5 |

Fuente: AP-42 sección 1.1 combustión de Carbón Bituminoso y Sub Bituminoso, para caldera con alimentación manual de carbón Tablas 1.1-3 y 1.1-20

²⁹ Ver <http://www.sesma.cl/sitio/pag/destacamos/indexjs3destac008.asp>

- (1): El factor indicado por EPA corresponde a $32 \cdot 5 \cdot S$, en donde S corresponde al porcentaje de azufre en peso (5% en el caso del carbón de Lota)
- (2): En el caso de los COV el factor de emisión fue obtenido del sistema FIERE de la EPA

Como una de las medidas señalada en el PPDA se tiene el establecimiento de Acuerdos de Producción Limpia para reducir las emisiones contaminantes producidas por esta actividad. Para el caso de la fabricación de ladrillos artesanales se han establecido medidas de reducción focalizada en generar un cambio tecnológico drástico en el combustible utilizado para la producción de ladrillos: cambio de leña por gas licuado como combustible.

De la información recolectada en la página Web de Sesma y profesionales de la Secretaría de Producción Limpia (SEPL) de CORFO se obtuvo que en el transcurso del último trimestre del año 2004, ya se habían firmado acuerdos con los municipios y fabricantes de las comunas de Puente Alto y Pudahuel. Por su parte, San Bernardo se sumó a la iniciativa a principios de diciembre de dicho año. En el caso de la comuna de Quilicura ésta se sumó a la iniciativa en el transcurso del año 2005 así como también las otras comunas de la RM en las cuales se genera la producción de ladrillos artesanales.

Es importante señalar que la idea original del Acuerdo de Producción Limpia con las diversas municipalidades y ladrilleros, era que para el 2005 los ladrilleros no utilizaran leña como combustible en el proceso de producción en ninguna comuna de la Región Metropolitana.

Debido a la implementación de los acuerdos de producción limpia anteriormente señalados, se considera entonces que la conversión se ejecutó al 2005. Este cambio tecnológico asociado a la utilización de únicamente de gas licuado en la fabricación de ladrillos, involucra un cambio en el factor de emisión a utilizar en la ecuación de cálculo de emisiones.

Tabla 108. Factor de emisión de MP10 por la utilización de gas licuado

| Factor de emisión (mg/m ³) | |
|--|----|
| MP ₁₀ | 15 |

Fuente: SESMA, noviembre de 2003.

Nota: no se han estimado los factores de emisión para los otros contaminantes provenientes de la combustión.

5.4.2.3.1.2 Niveles de actividad

Se consultó a la Seremi de Salud quien informó que no cuentan con información al 2005 de cantidades de ladrillos producidos o variables asociadas.

La información entregada por la Autoridad Sanitaria en el año 2003, indica que la cantidad de ladrillos producidos en dicho año correspondían a 18.320.000. Esta información se

utilizó como base para proyectar la cantidad de ladrillos al 2005, aplicando un factor relativo al incremento asociado al pib de la construcción (0,2485), obteniéndose un valor de 22.872.520 ladrillos.

La siguiente tabla resume la desagregación espacial de los hornos, cuya fuente de información se basa en investigaciones asociadas a memorias de título efectuadas en la Universidad de Chile, año 1994 y Universidad de Santiago de Chile, año 2000.

Tabla 109. Localización de hornos de fabricación de ladrillos artesanales

| Comuna | Total Hornos 1994 (1) | Total Hornos 2000 (2) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Puente Alto | 66 | 80 |
| San Bernardo | 22 | 9 |
| Renca | 21 | 11 |
| Quilicura | 34 | 46 |
| Huechuraba | 42 | 3 |
| Lo Espejo | 8 | 0 |
| Maipú | 28 | 11 |
| Pudahuel | 14 | 9 |
| Lampa | 4 | 4 |
| Buín | 2 | 2 |
| Talagante | 3 | 3 |
| Total | 244 | 178 |

Fuente: (1) Memoria de Título Jaime Escobar, Propuesta de Regulación para el sector de fabricación Artesanal de Ladrillos, U. de Chile 1994; (2) Memoria de Título de Claudia Hernández y Tatiana Guzmán, Evaluación técnica económica y social en la actividad de ladrillos artesanales para desarrollar propuestas de regulación ambiental y social, U. de Santiago de Chile 2000. Y página web del SESMA.

(1): el número de hornos es relativo a los hornos contabilizados en las inspecciones realizadas en terreno entre agosto y octubre de 1993, y representan el stock de la temporada anterior. Según estimaciones de expertos del tema se estimó en esta memoria de título que la cantidad total de hornos ascendía a 385.

La disminución en el número de hornos de la Región Metropolitana en el período 1994 al 2000, es producida fundamentalmente por la crisis asiática vivida en ese período, la cual afectó, entre otras áreas de producción, al sector construcción.

La tabla siguiente muestra la desagregación comunal del total de ladrillos obtenidos para el año 2005, manteniendo la distribución porcentual comunal que se registran para años anteriores.

Tabla 110. Distribución comunal de producción de ladrillos artesanales, año 2005.

| Comuna | 2005 |
|--------------|-------------------|
| Puente Alto | 10.279.784 |
| San Bernardo | 1.156.476 |
| Renca | 1.413.470 |
| Quilicura | 5.910.876 |
| Huechuraba | 385.492 |
| Lo Espejo | - |
| Maipú | 1.413.470 |
| Pudahuel | 1.156.476 |
| Lampa | 513.989 |
| Buín | 256.995 |
| Talagante | 385.492 |
| TOTAL | 22.872.520 |

5.4.2.3.1.3 Cálculo de emisiones

Las emisiones para esta fuente se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 111. Emisiones año 2005, fabricación de ladrillos artesanales

| Comuna | PM10 (ton/año) |
|--------------|-------------------|
| Buín | 0,0075 |
| Huechuraba | 0,0112 |
| Lampa | 0,0150 |
| Lo Espejo | - |
| Maipú | 0,0411 |
| Pudahuel | 0,0336 |
| Puente Alto | 0,2990 |
| Quilicura | 0,1719 |
| Renca | 0,0411 |
| San Bernardo | 0,0336 |
| Talagante | 0,0112 |
| TOTAL | 0,6654 |

5.5.1 Construcción y Demolición

5.5.1.1 Construcción de edificios

5.5.1.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

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 se muestra en la siguiente ecuación:

$$E = A * T * FE \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

E : emisiones de material particulado [kg/año]

A : área intervenida en la construcción [m²]

T : tiempo de duración de la obra [mes]

FE : factor de emisión de material particulado [kg/m²-mes]

El factor de emisión que se presentan es el determinado por la CARB Section: 7.7 Building Construction Dust” (Revised September 2002) utilizado en el Inventario anterior del DICTUC:

Tabla 112. Factores de emisión para construcción de edificios [kg/m²-mes].

| PM ₁₀ | PTS |
|------------------|--------|
| 0,0247 | 0,0504 |

Fuente: CARB Section: 7.7 Building Construction Dust”
(Revised September 2002)

Los factores de emisión presentados consideran efectos aplicando medidas de control, específicamente lo referente al riego de la tierra que está siendo removida. Se asume un 50% de eficiencia al aplicar esta medida, por lo tanto si los factores de emisión son utilizados para actividades de construcción donde no se utiliza el riego, el valor del factor debería ser el doble para reflejar la emisión real de polvo del proceso de construcción.

5.5.1.1.1.1 Niveles de actividad

La siguiente Tabla, muestra los m² construidos para el año 2005, en base al Anuario de Edificación 2005, INE.

Tabla 113. Metros cuadrados construidos para el año 2005

| Comuna | m ² construidos | Comuna | m ² construidos |
|---------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Santiago | 576.020 | Quilicura | 120.985 |
| Independencia | 57.548 | Quinta Normal | 57.773 |
| Conchalí | 27.667 | Renca | 77.346 |
| Huechuraba | 150.174 | San Joaquín | 28.625 |
| Recoleta | 120.531 | San Miguel | 148.936 |
| Providencia | 262.642 | San Ramón | 264.435 |
| Vitacura | 218.226 | Puente Alto | 339.702 |
| Lo Barnechea | 201.635 | Pirque | 39.815 |
| Cerrillos | 181.637 | San José de Maipo | 6.534 |
| Cerro Navia | 89.770 | Colina | 572.961 |
| El Bosque | 48.644 | Lampa | 150.261 |
| Estación Central | 41.382 | Tiltil | 59.678 |
| La Cisterna | 79.926 | San Bernardo | 438.931 |
| La Florida | 190.692 | Buín | 145.889 |
| La Granja | 20.363 | Calera de Tango | 79.573 |
| La Pintana | 48.865 | Paine | 95.916 |
| La Reina | 128.044 | Melipilla | 167.815 |
| Las Condes | 589.470 | Alhué | 14.021 |
| Lo Espejo | 14.511 | Curacaví | 43.747 |
| Lo Prado | 21.901 | María Pinto | 8.681 |
| Macul | 71.012 | San Pedro | 223.342 |
| Maipú | 510.075 | Talagante | 68.401 |
| Ñuñoa | 258.440 | El Monte | 80.631 |
| Pedro Aguirre Cerda | 17.065 | Isla de Maipo | 44.383 |
| Peñalolén | 140.376 | Padre Hurtado | 30.184 |
| Pudahuel | 365.543 | Peñaflor | 71.610 |
| | | TOTAL | 7.812.334 |

Fuente: Anuario de Edificación 2005, INE.

5.5.1.1.2 Cálculo de emisiones

Aplicando la metodología se obtienen los siguientes resultados de emisiones de PTS y PM10, desagregados por comuna:

Tabla 114. Emisiones de PM₁₀ y PTS Según Comuna-Estimación DICTUC 2005 (Ton/Año)

| Comuna | PTS | PM ₁₀ | Comuna | PTS | PM ₁₀ |
|---------------------|--------|------------------|-------------------|----------------|------------------|
| Santiago | 174,19 | 85,37 | Quilicura | 36,59 | 17,93 |
| Independencia | 17,40 | 8,53 | Quinta Normal | 17,47 | 8,56 |
| Conchalí | 8,37 | 4,10 | Renca | 23,39 | 11,46 |
| Huechuraba | 45,41 | 22,26 | San Joaquín | 8,66 | 4,24 |
| Recoleta | 36,45 | 17,86 | San Miguel | 45,04 | 22,07 |
| Providencia | 79,42 | 38,92 | San Ramón | 79,97 | 39,19 |
| Vitacura | 65,99 | 32,34 | Puente Alto | 102,73 | 50,34 |
| Lo Barnechea | 60,97 | 29,88 | Pirque | 12,04 | 5,90 |
| Cerrillos | 54,93 | 26,92 | San José de Maipo | 1,98 | 0,97 |
| Cerro Navia | 27,15 | 13,30 | Colina | 173,26 | 84,91 |
| El Bosque | 14,71 | 7,21 | Lampa | 45,44 | 22,27 |
| Estación Central | 12,51 | 6,13 | Tiltil | 18,05 | 8,84 |
| La Cisterna | 24,17 | 11,84 | San Bernardo | 132,73 | 65,05 |
| La Florida | 57,67 | 28,26 | Buín | 44,12 | 21,62 |
| La Granja | 6,16 | 3,02 | Calera de Tango | 24,06 | 11,79 |
| La Pintana | 14,78 | 7,24 | Paine | 29,00 | 14,21 |
| La Reina | 38,72 | 18,98 | Melipilla | 50,75 | 24,87 |
| Las Condes | 178,26 | 87,36 | Alhué | 4,24 | 2,08 |
| Lo Espejo | 4,39 | 2,15 | Curacaví | 13,23 | 6,48 |
| Lo Prado | 6,62 | 3,25 | María Pinto | 2,63 | 1,29 |
| Macul | 21,47 | 10,52 | San Pedro | 67,54 | 33,10 |
| Maipú | 154,25 | 75,59 | Talagante | 20,68 | 10,14 |
| Ñuñoa | 78,15 | 38,30 | El Monte | 24,38 | 11,95 |
| Pedro Aguirre Cerda | 5,16 | 2,53 | Isla de Maipo | 13,42 | 6,58 |
| Peñalolén | 42,45 | 20,80 | Padre Hurtado | 9,13 | 4,47 |
| Pudahuel | 110,54 | 54,17 | Peñaflor | 21,65 | 10,61 |
| | | | TOTAL | 2362,45 | 1157,79 |

5.5.1.2 Construcción de caminos

5.5.1.2.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

El área que es afectada por la construcción de caminos se estima a partir de los kilómetros de caminos construidos y de la superficie intervenida por kilómetro, dependiendo del tipo de vía: autopista, carretera, calle en ciudad³⁰.

Los kilómetros de caminos construidos en un año se estiman a partir de la diferencia en los kilómetros de caminos reportados en el año en que se realiza el inventario con respecto al

³⁰ Los tipos de caminos señalados en la literatura corresponden a freeway, highway y city&county. El tipo freeway corresponde a carreteras donde no se paga peaje.

año anterior. Este valor es dividido en los tres tipos de caminos mencionados en el párrafo anterior y el valor de superficie por kilómetro construido se obtiene a partir del número de pistas, ancho de las pistas y el ancho de la berma para cada tipo de camino. Los valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 115. Superficie por kilómetro de camino construido.

| Parámetros | Tipo de camino | | |
|---|----------------|-----------|-----------------|
| | Autopista | Carretera | Calle en ciudad |
| Número de pistas | 5 | 3 | 2 |
| Ancho por pista [m] | 4 | 4 | 4 |
| Ancho de la berma [m] | 3(m)*4=12 | 6(m)*2=12 | 6(m)*2=12 |
| Ancho del camino [m] * | 32 | 24 | 20 |
| Área por kilómetro [m ²] ** | 32000 | 24000 | 20000 |

*Ancho del camino [m] = pistas x ancho de pista + ancho de berma.

** Área por kilómetro [m²] = 1 kilómetro x Ancho x (1000 m/1 km)

Fuente: CARB, California.

Los valores mostrados en la tabla anterior, son conservadores debido a que no consideran los posibles movimientos de tierra que se realizan en las inmediaciones del camino. Se estima que la duración de las obras es de aproximadamente 6 meses.

El factor de emisión utilizado para la evaluación de las emisiones asociadas a la construcción de caminos, fue tomado de “Section 7.8 Road Construction Dust, CARB” revisión agosto 1997, y está basado en el Midwest Research Institute de California, año 1996.

Tabla 116. Factores de emisión para construcción de caminos (kg/m²-mes)

| Factores de emisión | MP ₁₀ | PTS |
|-------------------------|------------------|--------|
| Construcción de caminos | 0,0247 | 0,0381 |

Fuente: CARB, California, 1997

5.5.1.2.1.1 Niveles de actividad

La Tabla siguiente muestra información actualizada de los m² construidos para el año 2005, actualización efectuada en base a lo indicado en los registros del Programa de Pavimentación Participativa Región Metropolitana año 2005 facilitado por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda.

Tabla 117. Metros lineales construidos por Comuna año 2005

| Comuna | Metros lineales | Comuna | Metros lineales |
|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Santiago | 0 | Lo Prado | 0 |
| Independencia | 0 | Pudahuel | 0 |
| Conchalí | 808 | Cerro Navia | 160 |
| Huechuraba | 0 | Renca | 0 |
| Recoleta | 0 | Quilicura | 0 |
| Providencia | 0 | Puente Alto | 2333 |
| Vitacura | 0 | San Bernardo | 155 |
| Lo Barnechea | 0 | Colina | 0 |
| Las Condes | 0 | Lampa | 1028 |
| Ñuñoa | 0 | Tiltil | 3050 |
| La Reina | 200 | San Jose de Maipo | 0 |
| Macul | 0 | Pirque | 0 |
| Peñalolén | 0 | Buín | 0 |
| La Florida | 58 | Paine | 0 |
| San Joaquín | 219 | Calera de Tango | 1093 |
| La Granja | 0 | Melipilla | 5363 |
| La Pintana | 0 | Maria Pinto | 0 |
| San Ramón | 407 | Curacaví | 0 |
| San Miguel | 0 | Alhué | 0 |
| La Cisterna | 0 | San Pedro | 0 |
| El Bosque | 0 | Talagante | 0 |
| Pedro Aguirre Cerda | 356 | Peñaflor | 0 |
| Lo Espejo | 0 | Isla de Maipo | 1443 |
| Estación Central | 370 | El Monte | 852 |
| Cerrillos | 667 | Padre Hurtado | 0 |
| Maipu | 0 | Quinta Normal | 167 |
| TOTAL | | | 18729 |

5.5.1.2.1.2 Cálculo de emisiones

Aplicando la metodología y supuestos se obtienen los siguientes resultados de emisiones de PTS y PM₁₀, desagregados por comuna:

Tabla 118. Emisiones de PM₁₀ y PTS Según Comuna, año 2005 (Ton/Año)

| Comuna | PTS Ton/año | PM ₁₀ Ton/año | Comuna | PTS Ton/año | PM ₁₀ Ton/año |
|---------------------|-------------|--------------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| Santiago | 0,00 | 0,00 | Quinta Normal | 0,76 | 0,49 |
| Independencia | 0,00 | 0,00 | Lo Prado | 0,00 | 0,00 |
| Conchalí | 3,69 | 2,39 | Pudahuel | 0,00 | 0,00 |
| Huechuraba | 0,00 | 0,00 | Cerro Navia | 0,73 | 0,47 |
| Recoleta | 0,00 | 0,00 | Renca | 0,00 | 0,00 |
| Providencia | 0,00 | 0,00 | Quilicura | 0,00 | 0,00 |
| Vitacura | 0,00 | 0,00 | Puente Alto | 10,67 | 6,92 |
| Lo Barnechea | 0,00 | 0,00 | San Bernardo | 0,71 | 0,46 |
| Las Condes | 0,00 | 0,00 | Colina | 0,00 | 0,00 |
| Ñuñoa | 0,00 | 0,00 | Lampa | 4,70 | 3,05 |
| La Reina | 0,91 | 0,59 | Tiltil | 13,94 | 9,04 |
| Macul | 0,00 | 0,00 | San Jose de Maipo | 0,00 | 0,00 |
| Peñalolén | 0,00 | 0,00 | Pirque | 0,00 | 0,00 |
| La Florida | 0,27 | 0,17 | Buin | 0,00 | 0,00 |
| San Joaquín | 1,00 | 0,65 | Paine | 0,00 | 0,00 |
| La Granja | 0,00 | 0,00 | Calera de Tango | 5,00 | 3,24 |
| La Pintana | 0,00 | 0,00 | Melipilla | 24,52 | 15,90 |
| San Ramón | 1,86 | 1,21 | Maria Pinto | 0,00 | 0,00 |
| San Miguel | 0,00 | 0,00 | Curacaví | 0,00 | 0,00 |
| La Cisterna | 0,00 | 0,00 | Alhué | 0,00 | 0,00 |
| El Bosque | 0,00 | 0,00 | San Pedro | 0,00 | 0,00 |
| Pedro Aguirre Cerda | 1,63 | 1,06 | Talagante | 0,00 | 0,00 |
| Lo Espejo | 0,00 | 0,00 | Peñaflor | 0,00 | 0,00 |
| Estación Central | 1,69 | 1,10 | Isla de Maipo | 6,60 | 4,28 |
| Cerrillos | 3,05 | 1,98 | El Monte | 3,90 | 2,53 |
| Maipu | 0,00 | 0,00 | Padre Hurtado | 0,00 | 0,00 |
| Total | | | | 85,63 | 55,53 |

Fuente: Estimación DICTUC

5.5.1.3 Producción de áridos

5.5.1.3.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Las actividades de extracción y procesamiento de áridos asociadas a la emisión de polvo fugitivo MP₁₀ son:

Tabla 119. Tipos de fuentes o actividades emisoras asociadas a la producción de áridos.

| ACTIVIDAD | |
|-----------|--|
| a) | Extracción en el Frente |
| b) | Emisión por transferencias discretas de material |
| c) | Emisión por transferencias continuas de material |
| d) | Emisión por operaciones de chancado. |
| e) | Emisión por clasificación |
| f) | Emisión por acopio de productos |
| g) | Emisión por circulación en caminos sin pavimentar interior natural |

La ecuación general para estimar emisiones según el último reporte de la AP-42, Fifth Edition es la siguiente:

$$E = Fe * A * (1 - Ea/100) \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde

E = Emisión (ton/año)

Fe = Factor de emisión

A = rango de actividad

Ea = Eficiencia de abatimiento (%)

a) Extracción en el Frente

Las emisiones asociadas con la extracción de material corresponden a la suma de actividades producidas por el funcionamiento de una retroexcavadora y por transferencias discretas de material al cargar el material en los camiones que transportan el material extraído a un establecimiento.

b) Transferencias discretas de material (Kg/ton)

Las transferencias discretas de material corresponden a operaciones donde una cantidad fija de material es transferida desde el balde de pala, tolva de camión etc, hasta otra superficie receptora. Tales operaciones se realizan principalmente en el carguío de camiones y en la alimentación del buzón de alimentación y chancadores de las plantas de procesamiento de los áridos.

En la tabla siguiente se ilustran las etapas del proceso en donde se producen este tipo de transferencias.

Tabla 120. Etapas del proceso donde se producen transferencias discretas.

| Etapa | Descripción |
|---------------------|--|
| Carguío de camiones | Carga material desde el lugar de extracción hasta la planta |
| Chancado primario | Cuando los camiones descargan material en los buzones de los chancadores |
| Retiro del material | Al cargar el material procesado en los camiones que lo retiran de la planta. |

Para las operaciones mencionadas se utiliza como referencia lo indicado por “Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: Chapter 13.2.4 “Aggregate Handling and Storage Piles”, cuyo cálculo de factor de emisión se detalla a continuación:

$$Fe = \frac{0.0016 * 0.35 * (U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}} \text{ [Kg/ton]} \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

U: Velocidad del viento (m/s)

M: Humedad del material

c) Transferencias continuas de material

Las transferencias continuas de material corresponden a operaciones ininterrumpidas (durante un intervalo de tiempo prolongado), donde un material es transferido desde una correa transportadora o elemento similar hacia un elemento o superficie receptora.

Para el cálculo del factor de emisión se utiliza la siguiente ecuación referida a lo indicado en “Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001”, basado en la documentación AP-42.

$$E = \frac{K (0,0009)(s/5)(U/2,2)(H/3)}{(M/2)^2} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

Fe: factor de emisión Kg/ton

K: Coeficiente de tamaño de partícula emitida adimensional

s: Contenido de finos del material, en %

U: Velocidad del viento al momento de la transferencia en m/s

H: Altura de caída del material, en metros

M: Contenido de humedad del material, en %

d) Actividades de Chancado

Las operaciones de chancado pueden constituir fuentes significativas de emisión de material particulado, si realiza un proceso en seco o si son controladas con algún sistema de abatimiento o control de polvo. Una parte importante la constituyen las partículas pesadas (de gran diámetro), las cuales sedimentan cerca de la fuente (dentro del área de las instalaciones). Los factores que inciden mayormente en la emisión de material particulado son la humedad de la roca, el contenido de finos, el tipo de equipos involucrados, las prácticas de operación y las condiciones climáticas (principalmente viento y precipitación).

Los factores de emisión actualmente utilizados están descritos en la publicación “Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001” basados en el reporte AP-42 y consideran dos tipos de roca mineral, según el contenido de humedad: material seco (con humedad inferior a 4% en peso) y material húmedo (mayor que 4%). Los factores son los siguientes:

Tabla 121. Factor de emisión para PM-10

| Chancador | Sin mitigación < 4% humedad | Con mitigación > 4% humedad |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Primario | 0.004 | 0.00029 |
| Secundario | 0.012 | 0.00029 |
| Terciario | 0.001 | 0.00029 |

Fuente: Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001.

Los valores representan Kg de PM₁₀ por cada tonelada de material sometido a chancado. Las tasas de emisión (por ejemplo, kg/día) se determinan multiplicando los factores de emisión de la tabla por la cantidad de toneladas de material sometidas al chancado durante el intervalo de tiempo considerado.

Respecto a actualizaciones, el AP-42 5ta edición, Agosto 2004, capítulo 11.19.2 “Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing” indica que el factor de emisión para PM₁₀ en el chancador terciario es de 0.0012 (kg/Mg). Para el chancador primario y

secundario el reporte no entrega datos disponibles, sin embargo señala que el valor del chancador terciario se puede utilizar como limite superior:

Tabla 122. Factor de emisión para PM₁₀

| Chancador | Sin mitigación < 4% humedad | Con mitigación > 4% humedad |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Primario | Dato no disponible* | Dato no disponible* |
| Secundario | Dato no disponible* | Dato no disponible* |
| Terciario | 0.0012 kg/mg | 0.00027 |

Ref: "Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: cap 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing"

*Se recomienda utilizar el valor del chancador terciario como limite superior para el chancador primario y secundario.

e) Actividades de clasificación de material pétreo

Las operaciones de harneo generalmente separan los flujos de proceso en dos o tres fracciones, previo a la etapa de chancado, mediante el uso de parrillas vibratorias. El uso de harneros permite asegurar la granulometría del producto.

El factor de emisión para el harneo de materiales secos (< 4% humedad) es:

Tabla 123. Factor de emisión para PM-10

| FE harneo de materiales secos (kg/ton) |
|--|
| 0.06 |

Ref. Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001.

Tabla 124. El factor de emisión para el harneo con control en es:

| Tipo | FE harneo con control (Kg/ton) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Sin Mitigación PM ₁₀ | 0,0043 |
| Con Mitigación PM ₁₀ | 0,00037 |

Ref. Table 11.19.2-1 (Metric Units) en la AP-42: cap 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing".

f) Acopio de Material (Kg/día/Ha)

Las partículas finas presentes en una superficie expuesta al viento pueden ser emitidas a la atmósfera si la velocidad del viento incidente sobrepasa cierto valor limite que permite que se genere un arrastre de las partículas (erosión eólica),

El estudio de esta fuente emisora (EPA, reporte AP-42) ha concluido que la erosión de una superficie se produce en lapsos muy breves de tiempo (del orden de un par de minutos). Por lo general se requieren velocidades de viento superiores a 20 km/hr.

La ecuación utilizada para estimar las emisiones de polvos fugitivos generadas por el acopio de material en terreno es:

$$Fe = 1.9*(s/1.5) (f/15) (365-P) / 365 \quad \text{Ecuación 37}$$

Donde:

Fe: Factor de emisión (Kg/día/Ha)

s: Contenido de finos del suelo o material apilado

f: Porcentaje del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s a la altura media de la pila

p: Número de días al año con precipitación igual o mayor que 0,254 mm

Ref: Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001. AP-42.

g) Levantamiento de polvo por tránsito de camiones (Kg/km – viajes) por caminos sin pavimentar.

La metodología actualizada para estimar las emisiones generadas por esta actividad se presentan en el punto 4.4.2 “Polvo Resuspendido”.

5.5.1.3.2 Niveles de actividad

Para efectos de realizar el inventario 2005, se utilizan los resultados del estudio facilitado por la Asociación Nacional de Arideros (ANA) efectuada el año 2003.

Como se especificó en el párrafo anterior, las emisiones del estudio ANA, fueron calculadas en base al año 2003, por lo que, con el fin de estimar las emisiones correspondientes al año 2005, se consideró la variación del PIB del sector construcción. La Figura siguiente muestra la tendencia del PIB para la construcción años 2003-2005. Se puede deducir que el PIB del año 2005 presenta un aumento de un 26% respecto del año 2003.

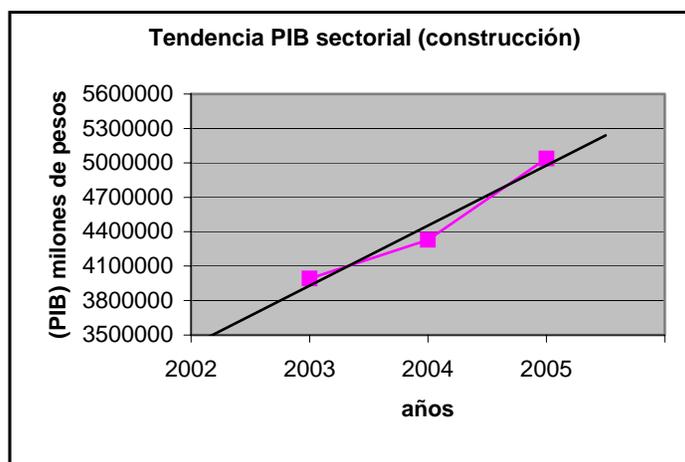


Figura 29. Tendencia Sectorial Construcción

Para proyectar las emisiones determinadas por el estudio ANA del año 2003 al año del inventario 2005, se consideró la variación del PIB del sector construcción durante los últimos años.

5.5.1.3.3 Cálculo de emisiones

La Tabla siguiente resume las emisiones según actividad, estimadas para el año 2005.

Tabla 125. Emisiones de PM10, de polvo fugitivo, Extracción de áridos, año 2005 (Ton/año)

| ACTIVIDAD | PM10 |
|--|--------------|
| Extracción en el Frente | 45,6 |
| Emisión por transferencias discretas de material | 2,1 |
| Emisión por transferencias continuas de material | 1,1 |
| Emisión por operaciones de chancado. | 153,6 |
| Emisión por clasificación | 77,5 |
| Emisión por acopio de productos | 101,1 |
| TOTAL EMISIONES PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS | 380,9 |

Tabla 126. Emisiones de polvo resuspendido por calles sin pavimentar dentro de plantas de áridos, año 2005 (Ton/año)

| PTS | MP10 | MP2.5 |
|----------|---------|--------|
| 10269,14 | 2668,95 | 390,23 |

Tabla 127. Emisiones de combustión dentro de plantas de áridos, año 2005 (Ton/año)

| Sub categoría | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maquinaria dentro de plantas de áridos | 96,40 | 88,69 | NE | NE | NE | NE | NE |
| Camiones dentro de plantas de áridos | 0,48 | 0,44 | 1,78 | 8,03 | 1,03 | 0,02 | 0,00 |
| Total Maquinaria Vehicular | 96,88 | 89,13 | 1,78 | 8,03 | 1,03 | 0,02 | 0,00 |

NE= No Estimado

5.5.2 Polvo Resuspendido

5.5.2.1 Calles pavimentadas

5.5.2.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

A continuación se describe la metodología de estimación de emisiones proveniente de la resuspensión de material particulado sobre calles pavimentadas, metodología presentada en la última edición del AP-42, correspondiente a diciembre de 2003³¹.

$$E_{pa} = E_d(1 - P/4N) \quad \text{Ecuación 38}$$

$$\text{Con, } E_d = e * F * L \quad \text{Ecuación 39}$$

³¹ <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

Donde,

- Epa : tasa de emisión anual (o del período bajo estudio) de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/año].
Ed : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/día].
p : días con precipitaciones mayores de 0.254 mm. durante el periodo considerado.
N : número de días del periodo de estudio (365 en el caso anual)
Ed : tasa de emisión diaria por tramo [g/día].
e : factor de emisión de partículas por calles [g/vehículo-km].
F : flujo vehicular diario [vehículos/día].
L : longitud del tramo [km].

Los factores de emisión de polvo desde calles pavimentadas, ecuación de cálculo de emisiones incorporadas a MODEM, corresponden a las versiones de diciembre del año 2003 del AP-42 de la EPA relativo a fuentes misceláneas de emisiones de polvo fugitivo desde calles pavimentadas³².

El factor de emisión se puede obtener de la siguiente forma:

$$e = k \left(\frac{Sp}{2} \right)^{0.65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1.5}$$

Ecuación 40

Donde ,

- Sp : contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro ≤ 75 micrones [g/m²].
k : constante, depende del tamaño de partícula a considerar [gr/VKT].
W : peso promedio de la categoría de vehículo en movimiento [ton].
C : factor de emisión de ajuste, asociado a emisiones de escape y desgaste de frenos y neumáticos.

El valor de la constante k varía según el tamaño de partícula como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 128. Valores de k, según tamaño de partícula

| Tamaño de partícula | Valores de k en [gr/VKT]. |
|---------------------|---------------------------|
| PM 2.5 | 0.66 |
| PM 10 | 4.6 |
| PM 15 | 5.5 |
| PM 30* | 24 |

* Se asocia a PTS. Fuente: AP42.

Respecto a la carga de sedimentos de material fino de la superficie del camino, la siguiente tabla entrega los valores por defecto recomendados por el AP42 de EPA y utilizados para el presente inventario:

³² <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

Tabla 129. Carga de finos en calles pavimentadas

| Flujo (v/día) | Carga de finos (g/m ²) - AP-42 |
|---------------|--|
| ≤500 | 0,6 |
| > 500 <5000 | 0,2 |
| > 5000 <10000 | 0,06 |
| > 10000 | 0,03 |

Fte.: AP42, EPA

5.5.2.1.1 Niveles de actividad

Los niveles de actividad de este tipo de fuente, es decir, el flujo vehicular promedio diario que circula en cada uno de los arcos que componen la red vial, son procesados mediante el modelo de emisiones vehiculares MODEM. A modo de referencia, se tiene estimado un flujo promedio diario de 11223 veh/día.

5.5.2.1.2 Cálculo de emisiones

El cálculo de emisiones asociado al material particulado resuspendido por el paso de vehículos sobre calles pavimentadas se resume en la siguiente tabla:

Tabla 130. Emisiones de polvo resuspendido sobre calles pavimentadas año 2005, (ton/año)

| Año | PTS | PM ₁₀ | PM _{2,5} |
|------|---------|------------------|-------------------|
| 2005 | 75407,9 | 14560,5 | 2073,7 |

5.5.2.2 Calles no pavimentadas

5.5.2.2.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La metodología propuesta por EPA no cambia en relación a lo utilizado en inventarios anteriores en la RM. La tasa anual de emisiones para tramos de calle sin pavimentar, se estima como el producto entre la tasa de emisión diaria y el número de días con precipitaciones menores de 0.25 mm, es decir:

$$E_{pa} = E_d (365 - (n/24 + 1)p)$$

Ecuación 41

Donde :

- E_{pa} : tasa de emisión anual de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/año].
- E_d : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].
- p : días al año con precipitaciones mayores de 0.25 mm.
- n : número de horas que demora en secar la calle, después de la última lluvia.

Para determinar el parámetro “n” en calles sin pavimentar el estudio de INTEC señala que de acuerdo a la experiencia recolectada en el desarrollo de las mediciones si hay precipitaciones ≤ 0.25 mm en la calle no ocurre nada no alcanza a mojarse, > 0.25 mm se seca en el mismo día, > 1 mm se seca en 12 horas y cuando las precipitaciones son > 10 mm las calles se demoran en secar 60 horas aproximadamente.

Para el cálculo de la emisión específica se usa:

$$E_d = F_e * F * L \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde :

E_d : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].

F_e : factor de emisión de partículas por calle (gr/vehículo-km)

F : flujo vehículo diario (vehículo/día)

L : longitud del tramo (km)

Debido a que la AP-42 ha ido realizando nuevos estudios de campo para determinar los factores de emisión modificando las ecuaciones, se ha decidido describir las ecuaciones utilizadas en las referencias anteriores y presentar la última versión del 2003 para la estimación de emisiones en caminos sin pavimentar.

Como referencia, el factor de emisión de la AP-42 del año 2001:

$$e = 1.7k \left(\frac{s}{12} \right) \left(\frac{v}{48} \right) \left(\frac{w}{2.7} \right)^{0.7} \left(\frac{r}{4} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

e = factor de emisión (kg/km-vehículo)

k = Factor de corrección por tamaño de partículas (adimensional)

s = Contenido de partículas finas en la superficie de la calle (%)

v = Velocidad media de los vehículos (km/h)

w = Peso promedio de los vehículos (toneladas)

r = número de ruedas

Y el factor de emisión del AP-42 del año 2003 señalaba lo siguiente:

$$e = \frac{k \left[\frac{s}{12} \right]^a \left[\frac{w}{3} \right]^b}{\left[\frac{m}{0.2} \right]^c} \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

e : factor de emisión [kg/km-vehículo recorrido].

k : factor de corrección por tamaño de partículas [adimensional].

s : contenido de partículas finas en la superficie de la calle [%].

w : peso promedio de los vehículos [Toneladas].

m : contenido de humedad de la superficie [%]

a ; b ; c : constantes

Las principales características que presenta esta fórmula, son la incorporación del parámetro de humedad de la superficie, y la eliminación explícita de la velocidad promedio y número de ruedas.

La siguiente tabla presenta los valores de las constantes, por tamaño de partícula, para la fórmula del factor de emisión. Información proporcionada por EPA.

Tabla 131. Factor de corrección por tamaño de partícula (k) y constantes

| Diametro aerodinámico de las partículas (µm) | Factor k | a | b | c |
|--|----------|-----|-----|-----|
| ≤10 | 2.6 | 0.8 | 0.4 | 0.3 |

Fuente EPA, AP-42, 1998

Para realizar el cálculo del factor de emisión, es recomendable usar los datos recopilados en el estudio “Metodología para estimación y reducción de emisiones de polvo de calles” de INTEC-Chile, 1994, donde se realizaron muestreos de la concentración de polvo sobre la superficie de las calles no pavimentadas y se determinó el porcentaje y contenido de polvo fino en ellas. El porcentaje de contenidos de finos para calles no pavimentadas, determinado por el estudio INTEC corresponde a 12.1 %.

Tabla 132. Resumen de los parámetros medidos en las calles sin pavimentar.

| PARAMETRO | PROMEDIO |
|--------------------------------|----------|
| Humedad (%) | 2.19 |
| Contenido de finos, S (%) | 12.1 |
| Carga total(g/m ²) | 1357 |

Factor Actualizado del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana, 2006

La AP-42 CAP 13.2.2 Unpaved Roads del 12 de Diciembre de 2003, entrega las siguientes ecuaciones para estimar las emisiones en caminos sin pavimentar:

| | |
|---|--------------------|
| Para los vehículos pesados que viajan en sitios industriales no pavimentados: | Ecuación 45 |
| $Fe = K (s/12)^a (W/3)^b$ (a) | |
| Para vehículos livianos que viajan por accesos de servicio público: | Ecuación 46 |
| $Fe = \frac{K (s/12)^a (S/3)^d}{(M/0.5)^c}$ (b) | |
| Donde: | |
| Fe: factor de emisión (Lb/VMT) | Ref.1 |
| K: factor de corrección por tamaño de partícula (Lb/VMT) | (a) = 1.5 |

| | |
|---|-----------|
| | (b) = 1.8 |
| s: Contenido de partículas finas en la superficie de la calle (%) | Tabla 132 |
| W: Peso medio de los vehículos en toneladas | |
| S: velocidad media del vehículo | |
| M: contenido de humedad de la superficie (%) | |
| a;b;c, d : constantes | Tabla 133 |
| La conversión métrica de lb/VMT a los gramos (g) por kilómetro del vehículo recorrido (VKT) es: 1 lb/VMT = 281.9 g/VKT | |

Tabla 133. Constantes para las ecuaciones

| Constante | Camino industrial | Camino Público |
|------------|-------------------|----------------|
| K (Lb/VMT) | 1.5 | 1.8 |
| A | 0.9 | 1 |
| B | 0.45 | - |
| C | - | 0.2 |
| D | - | 0.5 |

Fuente: AP-42, 2003

“ - “ = no se usa en la ecuación para el factor de emisión

5.5.2.2.1.1 Niveles de actividad

La tabla siguiente resume los metros lineales sin pavimentar por comuna, obtenidos a partir de la información brindada por Serviu en su Programa de Pavimentación Participativa.

Tabla 134. Metros lineales sin pavimentar, escenario 2005

| Comuna | Metros lineales sin pavimentar | Comuna | Metros lineales sin pavimentar |
|-----------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ALHUE | 0,0 | MARIA PINTO | 5105,0 |
| BUIN | 15825,0 | MELIPILLA | 19184,0 |
| CALERA DE TANGO | 0,0 | ÑUÑO A | |
| CERRILLOS | 3204,0 | PEDRO AGUIRRE CERDA | 4316,0 |
| CERRO NAVIA | 2376,0 | PADRE HURTADO | 96,0 |
| COLINA | 0,0 | PAINE | 8418,0 |
| CONCHALI | 5225,0 | PEÑAFLO R | 7107,0 |
| CURACAVI | 0,0 | PEÑALOLEN | 1866,0 |
| EL BOSQUE | 4239,0 | PIRQUE | 0,0 |
| EL MONTE | 15795,0 | PROVIDENCIA | |
| EST. CENTRAL | 279,0 | PUDAHUEL | 2028,0 |
| HUECHURABA | 868,0 | PUENTE ALTO | 5899,0 |
| INDEPENDENCIA | 0,0 | QUILICURA | 0,0 |
| ISLA DE MAIPO | 576,0 | QUINTA NORMAL | 3589,0 |
| LA CISTERNA | 84,0 | RECOLETA | 0,0 |
| LA FLORIDA | 2869,0 | RENCA | 2868,0 |
| LA GRANJA | 0,0 | SAN BERNARDO | 10509,0 |
| LA PINTANA | 18356,0 | SAN JOAQUIN | 5163,0 |
| LA REINA | 0,0 | SAN JOSE DE MAIPO | 20443,0 |
| LAMPA | 31423,0 | SAN MIGUEL | 0,0 |
| LAS CONDES | | SAN PEDRO | 0,0 |
| LO BARNECHEA | 3050,0 | SAN RAMON | 1729,0 |
| LO ESPEJO | 0,0 | SANTIAGO | 500,0 |
| LO PRADO | 1487,0 | TALAGANTE | 4320,0 |
| MACUL | 3628,0 | TIL -TIL | 29937,0 |
| MAIPU | 4700,0 | Total | 247.061 |

Fte.: Programa de Pavimentación Participativa, Minvu-Serviu, 2006.

5.5.2.2.1.2 Cálculo de emisiones

En la siguiente tabla se reportan las emisiones de polvo resuspendido generadas en calles sin pavimentar.

Tabla 135. Emisiones de material particulado resuspendido en calles sin pavimentar, escenario 2005

| Comuna | Particulado (PM ₁₀) | | | Particulado (PM ₃₀) | | | Particulado (PM _{2,5}) | | |
|-----------------|---------------------------------|----------|-------|---------------------------------|----------|-------|----------------------------------|----------|-------|
| | Autos livianos | Camiones | Buses | Autos livianos | Camiones | Buses | Autos livianos | Camiones | Buses |
| Alhue | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buin | 88,45 | 16,76 | 3,72 | 302,35 | 57,29 | 12,73 | 13,23 | 2,51 | 0,56 |
| Calera de Tango | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cerrillos | 17,91 | 3,39 | 0,75 | 61,22 | 11,60 | 2,58 | 2,68 | 0,51 | 0,11 |
| Cerro Navia | 13,28 | 2,52 | 0,56 | 45,40 | 8,60 | 1,91 | 1,99 | 0,38 | 0,08 |
| Colina | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Conchalí | 29,20 | 5,53 | 1,23 | 99,83 | 18,91 | 4,20 | 4,37 | 0,83 | 0,18 |
| Curacaví | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| El Bosque | 23,69 | 4,49 | 1,00 | 80,99 | 15,35 | 3,41 | 3,54 | 0,67 | 0,15 |
| El Monte | 88,28 | 16,73 | 3,72 | 301,78 | 57,18 | 12,71 | 13,20 | 2,50 | 0,56 |
| Est. Central | 1,56 | 0,30 | 0,07 | 5,33 | 1,01 | 0,22 | 0,23 | 0,04 | 0,01 |
| Huechuraba | 4,85 | 0,92 | 0,20 | 16,58 | 3,14 | 0,70 | 0,73 | 0,14 | 0,03 |
| Independencia | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Isla De Maipo | 3,22 | 0,61 | 0,14 | 11,00 | 2,09 | 0,46 | 0,48 | 0,09 | 0,02 |
| La Cisterna | 0,47 | 0,09 | 0,02 | 1,60 | 0,30 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 0,00 |
| La Florida | 16,04 | 3,04 | 0,68 | 54,81 | 10,39 | 2,31 | 2,40 | 0,45 | 0,10 |
| La Granja | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| La Pintana | 102,60 | 19,44 | 4,32 | 350,71 | 66,45 | 14,77 | 15,34 | 2,91 | 0,65 |
| La Reina | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lampa | 175,63 | 33,28 | 7,39 | 600,36 | 113,75 | 25,28 | 26,27 | 4,98 | 1,11 |
| Las Condes | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Barnechea | 17,05 | 3,23 | 0,72 | 58,27 | 11,04 | 2,45 | 2,55 | 0,48 | 0,11 |
| Lo Espejo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lo Prado | 8,31 | 1,57 | 0,35 | 28,41 | 5,38 | 1,20 | 1,24 | 0,24 | 0,05 |
| Macul | 20,28 | 3,84 | 0,85 | 69,32 | 13,13 | 2,92 | 3,03 | 0,57 | 0,13 |
| Maipú | 26,27 | 4,98 | 1,11 | 89,80 | 17,01 | 3,78 | 3,93 | 0,74 | 0,17 |
| Maria Pinto | 28,53 | 5,41 | 1,20 | 97,54 | 18,48 | 4,11 | 4,27 | 0,81 | 0,18 |
| Melipilla | 107,22 | 20,32 | 4,51 | 366,53 | 69,45 | 15,43 | 16,04 | 3,04 | 0,68 |
| Ñuñoa | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| P. A. Cerda | 24,12 | 4,57 | 1,02 | 82,46 | 15,62 | 3,47 | 3,61 | 0,68 | 0,15 |
| Padre Hurtado | 0,54 | 0,10 | 0,02 | 1,83 | 0,35 | 0,08 | 0,08 | 0,02 | 0,00 |
| Paine | 47,05 | 8,91 | 1,98 | 160,83 | 30,47 | 6,77 | 7,04 | 1,33 | 0,30 |
| Peñaflor | 39,72 | 7,53 | 1,67 | 135,79 | 25,73 | 5,72 | 5,94 | 1,13 | 0,25 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| Peñalolen | 10,43 | 1,98 | 0,44 | 35,65 | 6,76 | 1,50 | 1,56 | 0,30 | 0,07 |
| Pirque | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Providencia | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pudahuel | 11,33 | 2,15 | 0,48 | 38,75 | 7,34 | 1,63 | 1,70 | 0,32 | 0,07 |
| Puente Alto | 32,97 | 6,25 | 1,39 | 112,71 | 21,35 | 4,75 | 4,93 | 0,93 | 0,21 |
| Quilicura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Quinta Normal | 20,06 | 3,80 | 0,84 | 68,57 | 12,99 | 2,89 | 3,00 | 0,57 | 0,13 |
| Recoleta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Renca | 16,03 | 3,04 | 0,67 | 54,80 | 10,38 | 2,31 | 2,40 | 0,45 | 0,10 |
| San Bernardo | 58,74 | 11,13 | 2,47 | 200,78 | 38,04 | 8,45 | 8,79 | 1,66 | 0,37 |
| San Joaquin | 28,86 | 5,47 | 1,22 | 98,64 | 18,69 | 4,15 | 4,32 | 0,82 | 0,18 |
| S. J de Maipo | 114,26 | 21,65 | 4,81 | 390,58 | 74,00 | 16,45 | 17,09 | 3,24 | 0,72 |
| San Miguel | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| San Pedro | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| San Ramon | 9,66 | 1,83 | 0,41 | 33,03 | 6,26 | 1,39 | 1,45 | 0,27 | 0,06 |
| Santiago | 2,79 | 0,53 | 0,12 | 9,55 | 1,81 | 0,40 | 0,42 | 0,08 | 0,02 |
| Talagante | 24,15 | 4,57 | 1,02 | 82,54 | 15,64 | 3,48 | 3,61 | 0,68 | 0,15 |
| Til -Til | 167,32 | 31,70 | 7,05 | 571,97 | 108,37 | 24,08 | 25,03 | 4,74 | 1,05 |
| Total | 1380,9 | 261,6 | 58,1 | 4720,3 | 894,4 | 198,8 | 206,5 | 39,1 | 8,7 |
| | 1700,7 | | | 5813,4 | | | 254,4 | | |

5.5.3 Preparación de Terrenos Agrícolas

5.5.3.1.1 Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Esta categoría estima emisiones de material particulado debido a la preparación del terreno agrícola para la plantación y posterior cosecha. Las operaciones que se incluyen en esta categoría son el despeje, labranza, arado y cualquier otra operación mecánica que tenga por objeto la preparación de la tierra.

Las emisiones se calculan al multiplicar un factor de emisión por un nivel de actividad que se basa en el número de hectáreas (acres) de cada cultivo. Debido a que diferentes cultivos necesitan diferentes operaciones para preparar tierra, cada cultivo tiene su propio valor de “pasadas por acre”, que corresponden al número de operaciones por acre que son típicamente necesarias para preparar un campo de un determinado cultivo. La ecuación para determinar las emisiones según la “Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997” corresponde a la expresión siguiente:

$$E_{ci} = FE * A_{ci} * PA_{ci} \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde:

E_{ci} : emisiones del cultivo tipo i [ton/año]

FE : factor de emisión [ton/pasadas]

A_{ci} : superficie del cultivo tipo i [acres]

PA_{ci} : operaciones por acre del cultivo tipo i [pasadas/acre]

El Factor de emisión del “AP –42 4^{ta} edición Section 11.2.2” se utiliza para todas las operaciones de preparación de tierra no importando la localización del cultivo o la estación en que se ejecute.

$$Fe = \frac{4.8 * k * s^{0.6}}{2000} \quad \text{Ecuación 48}$$

Donde :

Fe: factor de emisión [ton/pasadas]

K: depende de la fracción del tamaño de partícula de interés. Para PM-10 el valor de k usado en California (“Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997”) corresponde a 0,148.

s : contenido de fino en el material. Cuando no se cuenta con este tipo información la EPA recomienda un valor 18%.

El factor de emisión de EPA no considera una asociación entre la humedad del suelo y las emisiones. De acuerdo a lo señalado en la Metodología de la CARB se sabe que las emisiones del polvo son reducidas cuando la humedad del suelo es más alta. Por lo tanto, se incorporó una corrección de la emisión durante los meses más húmedos del año. Durante los meses de invierno el factor de emisión se reduce en un 25 % (período mayo - agosto) y en los meses más húmedos se reduce en un 50% (entre junio a julio).

5.5.3.1.1.1 Niveles de actividad

De acuerdo a la metodología de cálculo presentada anteriormente, el nivel de actividad asociado a la preparación de terrenos agrícolas, queda definido por:

- Superficie, en acres, del cultivo tipo “i”, A_{ci}
- Operaciones por acre del cultivo tipo “i”, PA_{ci}

Las hectáreas de los distintos tipos de cultivos que existen en la Región Metropolitana se obtienen del Censo Agropecuario del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Dentro de los grupos de cultivo definidos por el INE y de interés en este trabajo se encuentran:

- Cereales y chacras
- Cultivos industriales
- Hortalizas
- Frutales

Las pasadas por acre tienen relación con el número de operaciones que se deben ejecutar para preparar el terreno que será cultivado, las que dependen del tipo de cultivo. Estas operaciones se pueden llevar a cabo después de la cosecha o cuando se vaya a realizar la plantación e incluyen el arado y nivelación entre otras. Estos valores fueron determinados por la CARB de California junto con productores de distintos productos agrícolas.

El último Censo Agropecuario realizado corresponde al año 1997, y la próxima actualización se realizará el año 2006. Por tal razón se ha considerado la información suministrada por la SEREMI de Agricultura de la Región Metropolitana, que entrega el total de hectáreas para preparación de terreno en la Región el año 2000.

Con el fin de estimar las emisiones correspondientes al año 2005, se consideró la variación del PIB del sector Agropecuario-silvícola entre los años 2000 a 2005.

La tabla siguiente presenta los valores del PIB para el sector Agropecuario-silvícola.

Tabla 136. Producto Interno Bruto Actividad Agropecuario-silvícola

| PRODUCTO INTERNO BRUTO (Millones de pesos corrientes) | |
|---|---|
| Año | Actividad Agropecuario-silvícola |
| 2000 | 1.755.751 |
| 2001 | 1.643.044 |
| 2002 | 1.819.757 |
| 2003 | 1.988.464 |
| 2004 | 2.018.459 |
| 2005 | 2.019.776 |

Se puede deducir que el PIB del año 2005 presenta un aumento de un 15,1% respecto del año 2000.

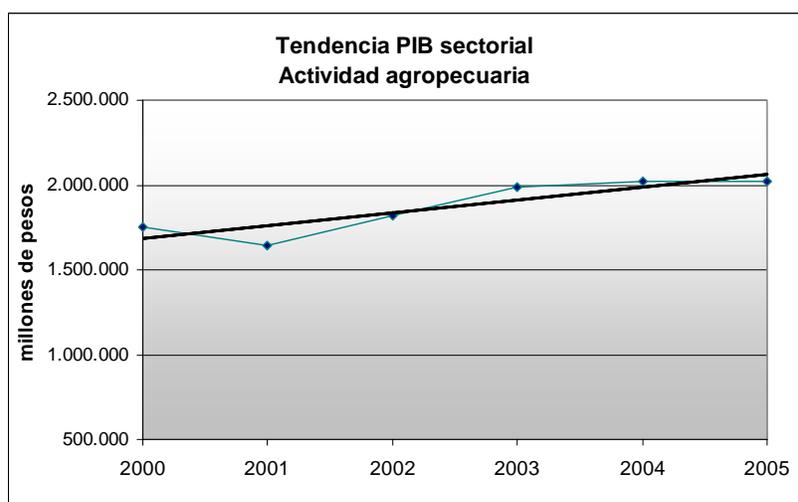


Figura 30. Tendencia Sectorial Actividad Agropecuario-silvícola

Como el Censo Agropecuario se realiza cada 10 años, para el presente inventario se utiliza la información del Censo de 1997 relativa a las hectáreas de los distintos tipos de cultivos que existen en la Región Metropolitana y a la distribución porcentual de estos.

En la tabla siguiente se presenta la distribución porcentual por tipo de cultivo para la preparación de terreno agrícola según la información entregada por el Censo Agropecuario del año 1997:

Tabla 137. Distribución porcentual Tipo de Cultivo

| Sub Categorías de Preparación de Terrenos Agrícolas | % |
|---|-------------|
| Cereales y chacras | 30,15 |
| Cultivos Industriales | 0,1 |
| Hortalizas | 23,41 |
| Frutales | 46,34 |
| Total | 100% |

A partir de la información del Censo de 1997, sumada a los antecedentes entregados por la Seremi de Agricultura correspondientes al número de hectáreas totales para preparación de terreno al año 2000, se proyectó el nivel de actividad de esta fuente al año 2005, utilizando también la variación del PIB para la actividad agropecuaria experimentada entre los años 2000-2005. En la tabla siguiente se entrega el número de hectáreas por tipo de cultivo para el año 2005.

Tabla 138. Hectáreas proyectadas por tipo de cultivo año 2005

| Tipo de cultivo | ha año 2005 |
|--|----------------|
| Cereales y chacras | 74.119 |
| Cultivos Industriales | 246 |
| Hortalizas | 57.550 |
| Frutales | 113.919 |
| Total preparación de terrenos agrícolas | 245.834 |

5.5.3.1.1.2 Cálculo de emisiones

El factor de emisión agregado se obtiene con la base de la información del 1997 y es el producto entre toneladas emitidas y las hectáreas por tipo de cultivo, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 139. Factor de emisión agregado

| Tipo de cultivo | Emisión ton/año | ha año 1997 | Factor agregado |
|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Cereales y chacras | 38,17 | 33149,6 | 0,001151523 |
| Cultivos Industriales | 0,08 | 114,8 | 0,000689643 |
| Hortalizas | 53,27 | 25743,1 | 0,002069138 |
| Frutales | 8,88 | 50952,0 | 0,000174229 |

Aplicando la metodología y supuestos se obtienen los siguientes resultados de emisiones de PM_{10} para el año 2005:

Tabla 140. Emisiones de PM_{10} Preparación terreno agrícola 2005

| Tipo de cultivo | ton/año 2005 |
|---------------------------------|--------------|
| Cereales y chacras | 85 |
| Cultivos Industriales | 0,17 |
| Hortalizas | 119 |
| Frutales | 20 |
| Total emisiones año 2005 | 224 |

5.6 Fuentes Estacionarias Puntuales

5.6.1 Introducción

En este capítulo se describe la metodología de estimación de emisiones atmosféricas de las fuentes fijas de la Región Metropolitana, incorporadas al inventario de emisiones atmosféricas 2005.

5.6.2 Resumen de Actividades

Con relación a las fuentes fijas se realizaron las siguientes actividades para el escenario 2005:

5.6.2.1 Carga de información base

El inventario 2005 se desarrolla a partir de la base de datos Fuentes Fijas (FFijas) de la Autoridad Sanitaria de la Región Metropolitana (A.S.R.M). Esta información fue cargada en el módulo de fuentes fijas de SAIE.

Las fuentes fijas existentes en la base de datos Ffijas 2005, fueron codificadas mediante la codificación Source Classification Code (SCC), que permitirá a futuro utilizar los factores de emisión disponibles en la base de datos de la EPA (programa FIRE). De las 11.386 fuentes incluidas en esta base, se codificaron un total de 9.832 fuentes, que corresponde a un 86 % del total. El resto de las fuentes no pudo ser codificada debido a que la descripción de la fuente, tipo de combustible o materia prima utilizada no permitía identificar a que codificación correspondían.

La codificación de fuentes utilizada fue cargada en los maestros de SAIE y programa cliente, permitiendo realizar la codificación y cálculo de emisiones en forma automática.

Las fuentes existentes en la base de datos 2005 utilizada en el SAIE, están agrupadas por establecimiento y separadas de acuerdo a los Códigos Internacionales Industriales Uniformes (CIIU), permitiendo a futuro separar las emisiones, también por esta clasificación ampliamente utilizada en Chile y el resto de los países.

Para efectuar los empalmes de la categoría procesos industriales, considerando la inexistencia de un número de registro único para cada fuente específica en las bases históricas, se requiere efectuar este proceso de manera visual y semi estructurada.

5.6.2.2 Modificaciones modelo SAIE

Se han implementado mejoras del módulo de fuentes fijas del software SAIE, de forma tal que sea capaz de realizar estimación de emisiones a partir de la descripción de las fuentes, sus consumos de combustible o niveles de actividad.

El módulo de fuentes fijas existente con anterioridad en el SAIE, se ajustaba al manejo de la información generada a partir de la base de datos Ffijas de SESMA, en formato de planilla Excel, que corresponde a una acumulación progresiva de los muestreos de emisiones de material particulado y gases desarrollados por los titulares de las fuentes. Las modificaciones realizadas permiten manejar la base de datos con una estructura de bases de datos relacionales.

La información disponible en la base de datos Ffijas 2005 de la ASRM, fue ajustada a la nueva estructura, permitiendo mejorar sustancialmente la gestión de la información disponible de las fuentes fijas de la Región Metropolitana.

Se implementó en SAIE el cálculo de emisiones automático, que permite realizar la estimación a partir de los muestreos de material particulado, cuando los hay disponibles, y de factores de emisión, cuando son estimaciones de emisiones. Para la estimación de gases se incorporan los resultados de muestreos disponibles y realizados en el marco de este estudio y estimación con factores de emisión y consumos de combustible, cuando no se dispone de muestreos.

5.6.2.3 Estimación de emisiones

Para realizar la estimación de emisiones atmosféricas, en el caso del material particulado, se utilizan los resultados de los muestreos anuales desarrollados en cada una de las fuentes industriales.

En la base de datos Ffijas existe un número importante de fuentes grupales que son ingresadas en la base mediante una estimación de emisiones, a partir de la medición mediante método alternativo CH-3. Este tipo de fuentes corresponde principalmente a fuentes del tipo grupales. Para realizar las estimaciones de emisiones, se considera el consumo de combustible informado en la medición y se utilizarán factores de emisión por tipo de combustible.

Para realizar la primera estimación de emisiones del escenario 2005 se han descartado las fuentes clasificadas como “dadas de baja”, “desaparecidas”, “inactivas” y “de respaldo o de emergencia”, así como las fuentes que tienen comentarios tales como que fueron vendidas fuera de la región, se encuentra clausurada, con sellos, desmantelada, etc.

Para el caso de la estimación de gases, se cuenta con un número limitado de emisiones realizadas en el marco del PPDA, planes de seguimiento en el marco del SEIA, y mediciones que han realizado las empresas para verificar las asignaciones de cupos de NOx en el marco del sistema de compensación de emisiones.

5.6.2.4 Campaña de mediciones de gases

La metodología considera la realización de una campaña de mediciones con Laboratorio Autorizado mediante la aplicación de las metodologías oficiales de muestreo de gases y determinación de caudal. Para ellos se estableció un cronograma que considera la realización de 30 mediciones de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Medición de: O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂ por 4 horas en 15 fuentes
- Medición de: O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, COV por 4 horas en 15 fuentes

Las mediciones de gases se realizan de acuerdo a metodología oficial en forma continua y en el caso del caudal, éste es medido en forma discreta de acuerdo a metodología, de acuerdo al siguiente cuadro resumen:

Tabla 141. Resumen de metodologías de medición para fuentes estacionarias puntuales.

| PARÁMETRO | METODO DE MUESTREO | DESCRIPCIÓN |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| CO | CH-10 | Monóxido de carbono |
| CO ₂ | CH-3A | Dióxido de carbono |
| O ₂ | CH-3A | Oxígeno |
| NO _x | CH-7E | Óxidos de nitrógeno |
| SO ₂ | CH-6C | Dióxido de azufre |
| COV | CH-25A | Compuestos orgánicos volátiles |
| Q | CH-1 a CH-4 | Caudal |

Las mediciones de la campaña fueron realizadas por AIRON S.A., Laboratorio Autorizado por la Autoridad Sanitaria para el muestreo de gases y determinación de caudal aplicando las metodologías oficiales para cada uno de los parámetros requeridos.

AIRON S.A. cumple con las exigencias establecidas por la Autoridad Sanitaria para la realización de mediciones de gases:

- Personal calificado
- Equipos calibrados
- Gases patrones certificados para las calibraciones
- Calibraciones de los equipos de medición de gases durante la medición: directo y por sistema.
- Elaboración de informes en formato oficial

El programa de mediciones y la selección de las fuentes se definió en conjunto con CONAMA-RM y SEREMI de Salud, estableciéndose que las mediciones serían consideradas como mediciones de referencia en el marco del estudio: “Actualización del Inventario de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana”. Sin embargo se cumplió con la totalidad de las exigencias establecidas por la metodología para el desarrollo de las mediciones.

El diseño de la campaña fue orientado a mejorar la información disponible para evaluar las emisiones actuales de óxidos de nitrógeno (y otros gases: CO₂, CO, SO₂, COV), en las fuentes fijas que cumplan con los criterios establecidos para la selección; y además de contar con antecedentes que permitan evaluar el impacto que ha tenido la crisis de suministro de gas natural en el sector industrial.

La ejecución de las mediciones demandó la coordinación previa en conjunto con la Autoridad Sanitaria, tanto para la selección de las empresas a medir, la coordinación con los titulares como para el desarrollo de las visitas previas, en las cuales se verificaron las condiciones de operación, seguridad y accesibilidad. Durante las visitas previas se pudo determinar en la mayoría de las fuentes el nivel esperable de concentraciones de gases (excepto para COV), mediante el uso de un equipo portátil marca TESTO; sin embargo en algunas de las fuentes los valores registrados en la visita previa posteriormente no se mantuvieron al momento de las mediciones. La Autoridad Sanitaria además estuvo a cargo de la fiscalización del desarrollo y desempeño del laboratorio en terreno.

5.6.2.5 Criterio para selección de fuentes fijas

Los criterios fueron definidos en conjunto con CONAMA-RM y la Autoridad Sanitaria, para la selección de fuentes a ser evaluadas., los cuales consideran la selección de:

- Fuentes nuevas de NO_x y MP
- Grandes emisores de NO_x y MP
- Grandes consumidores de combustibles
- Fuentes representativas de sectores que permitan caracterizar emisiones de NO_x y MP

De estas fuentes se seleccionaron 30 de las cuales no existe información o se requiere su verificación; dando prioridad a las fuentes nuevas ya que los grandes emisores poseen metas asignadas y emisiones medianamente conocidas.

Se realizaron mediciones en fuentes fijas que, debido a las restricciones de suministro de gas natural, se encuentran utilizando petróleos pesados; para conocer el escenario actual con el fin de determinar el impacto en emisiones que ha tenido la crisis de suministro de gas natural en la industria, de manera de poder implementar las correcciones necesarias en los inventarios de emisiones. Sin embargo a pesar del escenario planteado inicialmente, al

momento de verificar su condición de operación en la visita previa, se encontraban operando con gas natural.

5.6.2.5.1 Antecedentes considerados

Para obtener información relacionada con los criterios antes indicados, se consideró la información proveniente de:

- Listado de fuentes nuevas ingresadas al SEIA (Fuente: SEREMI de Salud)
- Listado de grandes emisores de NOx y MP que cuentan con asignación de cupo otorgado por el SEREMI de Salud.
- Grandes consumidores de combustible (Informe para CNE de GAMMA Ingenieros)
- Estudio de metas de emisión de NOx y MP (Informe para CONAMA de GAMMA y GAC)

5.6.2.5.2 Actividades

Las actividades realizadas con motivo de las mediciones a fuentes fijas de la Región Metropolitana en el marco del presente estudio son las que se resumen a continuación:

- Revisión de los antecedentes indicados en el punto anterior.
- Programa de mediciones de acuerdo a disponibilidad de Laboratorio de Medición.
- Reuniones de coordinación con CONAMA-RM y SEREMI de Salud.
- Definición de criterios de selección de fuentes fijas.
- Visita previa en conjunto con SEREMI de Salud y el Laboratorio de Medición.
- Recopilación de los formularios de Declaración de Emisiones con datos 2005 de los establecimientos donde se ubican las fuentes de emisión seleccionadas, con los antecedentes técnicos de la totalidad de las fuentes existentes en el establecimiento.
- Visita a terreno para la verificación de los antecedentes disponibles:
- Declaración de emisiones datos 2005
- Condiciones de seguridad en punto de medición
 - Puertos de muestreo
 - Instalación eléctrica
 - N° de registro de las fuentes
 - Programación de mediciones de emisiones de NOx, SO₂, CO y COV.
- Medición y recuento de consumos de combustible y niveles de actividad según el tipo de fuente.
- Ejecución de mediciones de comparación en terreno.

- Generación de los informes de medición realizadas en cada fuente medida. Está contemplado entregar copia de resultados para el titular de la fuente medida.

5.6.2.6 Métodos de muestreo

Para la determinación de los gases en chimeneas se utilizaron las metodologías oficializadas por el MINSAL:

- O₂: Método CH 3-A, Equipo Ametek, Celda de Zirconio, Escala 0-25 y 0-100 %
 SO₂: Método CH 6C, Equipo Thermo Environmental Instruments, Fluorescencia, Escala 0-10, 0-100, 0-1000, 0-2000, 0-5000 y 0-10000 ppm.
 COV: Método CH-25A: Equipo de Medición: Marca: DANI, modelo: TNMH 462, Detección por ionización de flama, Escala: 0-10, 0-100, 0-1000, Sensibilidad: 0.1 o 1 ppm
 CO₂: Método CH 3-A, Equipo California Analytical Instruments, Infrarrojo no dispersivo, Escala 0-10 y 0-20 %
 CO: Método CH 10, Equipo California Analytical Instruments, Infrarrojo no dispersivo, Escala 0-500 y 0-2000 ppm.
 NO_x: Método CH 7E, Equipo Thermo Environmental Instruments, Quimioluminiscencia, Escala 0-10, 0-100, 0-200, 0-500, 0-2000 ppm.

En términos generales la operación consiste en tomar una porción de la muestra del gas de emisión la que es conducida por una línea calefaccionada hacia un acondicionador para remover completamente la humedad de esta, luego es distribuida a los analizadores para realizar la determinación de los gases contaminantes (ver siguiente figura).

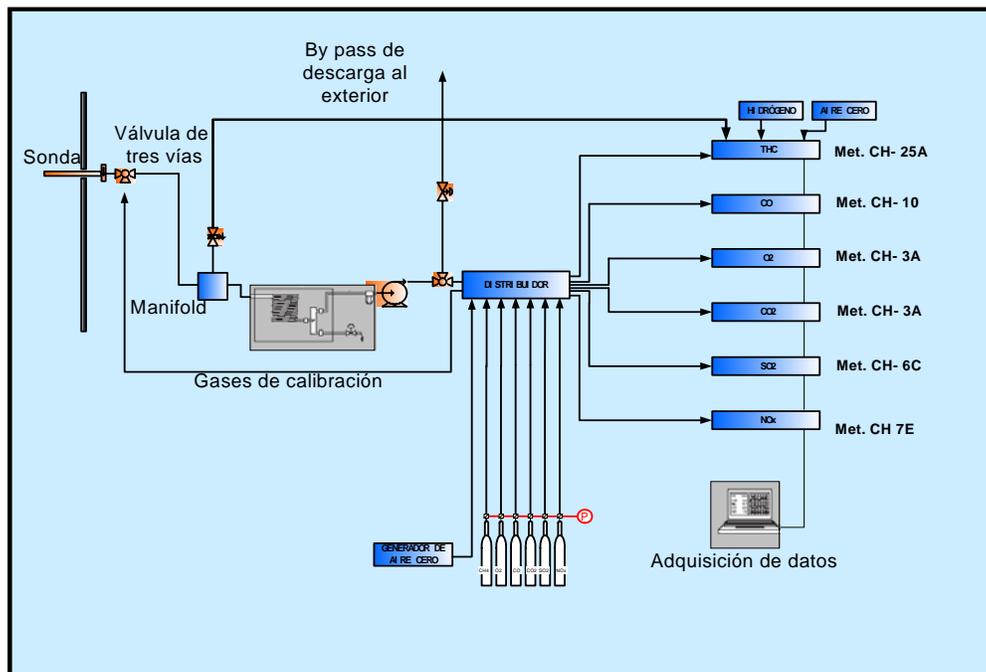


Figura 31. Metodología de Medición de gases en Chimenea

Las mediciones se llevaron a cabo durante un periodo de cuatro horas, durante las cuales se realizaron calibraciones al inicio, transcurrido dos horas y final del período de medición. Cada analizador es calibrado con gas cero y gas span de forma directa y por sistema. Durante todas las etapas de la medición se llevó un registro de los datos entregados por los analizadores.

Las mediciones se fundamentan en las metodologías EPA para determinación de gases contaminantes por métodos continuos empleando analizadores instrumentales, a continuación se describen cada uno de los métodos empleados.

METODO CH-3A: “Determinación de las concentraciones de oxígeno, anhídrido carbónico y monóxido de carbono en las emisiones de fuentes fijas, (procedimiento con analizador instrumental)”.

- **Aplicabilidad:** Se aplica para la determinación de las concentraciones de oxígeno, anhídrido carbónico y monóxido de carbono en las emisiones de fuentes fijas, sólo cuando se especifica dentro de la reglamentación.
- **Principio:** Se efectúa un muestreo continuo de la corriente de efluentes y una porción de la muestra es llevada al (o los) analizador(es) específico(s) para determinar las concentraciones de CO, CO₂ y O₂
- **Rango y Sensibilidad:** Una porción del Rango Analítico es seleccionado al elegir la escala del sistema de monitoreo la que debe fijarse de modo tal que el estándar de emisión no sea menor al 20% de ésta y que en ningún momento la concentración la supere. El límite mínimo detectable debe ser menor al 2% de la escala.
- **Sistema de medición:** Equipo completo necesario para determinar la concentración de gas. Está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestra, acondicionador de muestra, analizador de gas y registrador de datos.

METODO CH-7E: “Determinación de las concentraciones de óxidos de nitrógeno desde fuentes fijas, procedimiento con analizador instrumental”.

- **Aplicabilidad:** Se aplica para la determinación de las concentraciones de óxidos de nitrógeno en las emisiones de fuentes fijas, sólo cuando se especifica dentro de la reglamentación.
- **Principio:** Se efectúa un muestreo continuo de la corriente de efluentes y una porción de la muestra es llevada al analizador instrumental del tipo quimioluminiscencia para determinar las concentraciones de NO_x
- **Rango y Sensibilidad:** Una porción del Rango Analítico es seleccionado al elegir la escala del sistema de monitoreo la que debe fijarse de modo tal que el estándar de

emisión no sea menor al 30% de ésta y que en ningún momento la concentración la supere. El límite mínimo detectable debe ser menor al 2% de la escala.

- Sistema de medición: Equipo completo necesario para determinar la concentración de gas. Está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestra, acondicionador de muestra, analizador de gas y registrador de datos.

METODO CH-10: “Determinación de las concentraciones de monóxido de carbono desde fuentes fijas”

- Aplicabilidad: Se aplica para la determinación de las concentraciones de dióxido de azufre en las emisiones de fuentes fijas, sólo cuando se especifica dentro de la reglamentación, en emisiones controladas y no controladas.
- Principio: Se efectúa un muestreo continuo o integrado de la corriente de efluentes y una porción de la muestra es llevada al un analizador instrumental del tipo infrarrojo no dispersivo de tipo Luft o equivalente para determinar las concentraciones de CO
- Rango y Sensibilidad: El rango analítico es de 0 a 1000 ppm. El límite mínimo detectable debe ser menor al 20 ppm para una escala de 1000 ppm.
- Sistema de medición: Equipo completo necesario para determinar la concentración de gas. Está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestra, acondicionador de muestra, analizador de gas y registrador de datos.

METODO CH-25A: “Determinación de las concentraciones de compuestos orgánicos gaseosos totales mediante u analizador de ionización de flama”.

- Aplicabilidad: Se aplica para la determinación de las concentraciones de compuestos orgánicos gaseosos totales tales como alcanos, alquenos o hidrocarburos aromáticos expresando la concentración en términos del propano o carbono.
- Principio: Se extrae una muestra de la fuente y es conducida mediante una línea calefaccionada a un analizador de ionización de flama.
- Escala de medición: El valor de la escala se define como el límite superior de un rango de medición. Éste valor se establece como el equivalente a 1.5 a 2.5 veces el valor de la concentración esperada
- Sistema de medición: Equipo completo necesario para determinar la concentración de gas. Está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestra, analizador de gas y registrador de datos.

5.6.2.7 Desarrollo de la campaña de mediciones:

Para mejorar la disponibilidad de resultados de emisiones de gases medidos, se realizó una

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

174

campana de 30 mediciones, donde son priorizadas las que sean grandes emisores, que no cuenten con mediciones previas, que tengan una operación continua y trabajen con un combustible sucio de respaldo. La tabla siguiente muestra las mediciones realizadas.

Se utilizaron en el inventario los resultados de los muestreos realizados validados por la ASRM.

Tabla 142. Mediciones de gases realizadas.

| Fecha | EMPRESA | FUENTE | N° Registro | CRITERIO | Combustible | GASES |
|--------|-----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|---|
| 25-Sep | RHI | HORNO TÚNEL | PR-3175 | FUENTE NUEVA | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 26-Sep | MADECO | HORNOS DE FUSIÓN | PR-9004 | FUENTE NUEVA | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 29-Sep | PRINCESA | HORNO COCCIÓN MORANDO | PR-3911 | FUENTE NUEVA | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 11-Oct | UNILEVER | SECADOR SPRAY | PR-5006 | FUENTE NUEVA GRAN EMISOR | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 12-Oct | FINNING CHILE S.A. (WATT'S) | GRUPO ELECTROGENO CO-GENERACIÓN | PR-5874 | FUENTE NUEVA | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 19-Oct | FUNDICION QUINTA | HORNO CUBILOTE | PR-755 | TIPO DE FUENTE | Coque Metalúrgico | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 20-Oct | CERAMICAS SANTIAGO | HORNOS TUNEL | PR-3009 | FUENTE NUEVA | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 25-Oct | CERÁMICAS CORDILLERA | SECADOR SPRAY N° 4 | PR-5862 | FUENTE NUEVA | Gas Natural Diesel | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 26-Oct | CERÁMICAS CORDILLERA | HORNO DE RODILLOS N° 6 | PR-5865 | FUENTE NUEVA | Gas Natural propano | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 30-Oct | AGRÍCOLA ARIZTÍA S.A. | CALDERA | IN-1418 | CAMBIO DE COMBUSTIBLE | Petróleo # 6 c/satamin | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 31-Oct | ROMERAL | HORNOS DE CALCINACIÓN | PR-2432 | GRAN EMISOR | Petróleo 6 | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 3-Nov | ACONCAGUA S.A. | QUEMA DE BIOGÁS | PR-6750 | FUENTE NUEVA | Biogás | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 10-Nov | AGUAS ANDINAS | CALDERA DE CALEFACCIÓN | CA-4040 | FUENTE NUEVA | Biogás | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 22-Nov | AGRÍCOLA ARIZTÍA S.A. | CALDERA | IN-1020 | FUENTE NUEVA | Petróleo 6 | CO, CO ₂ , SO ₂ y NO _x |
| 29-Nov | FANALOZA | HORNO CERÁMICO N° 1 | PR-44 | TIPO DE FUENTE | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 1-Dic | MALTERÍAS UNIDAS | CALDERA AGUA CALIENTE | IN-452 | TIPO DE COMBUSTIBLE | Carboncillo | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 4-Dic | BRAVO ENERGY | HORNO CONVECTOR | En Trámite | FUENTE NUEVA | Gas Licuado | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 5-Dic | PAPELES CORDILLERA | CALDERA INDUSTRIAL | IN-796 | TIPO DE COMBUSTIBLE | Petróleo 5 c/Aditivo | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 6-Dic | DONNELLEY | SISTEMA HORNOS DE SECADO | PR-9000 | TIPO DE FUENTE | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |

| Fecha | EMPRESA | FUENTE | N° Registro | CRITERIO | Combustible | GASES |
|--------|----------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|
| 11-Dic | MOLYMET | HORNOS DE TOSTACIÓN | PR-277 PR-174 PR-401 PR-1952 | GRAN EMISOR DE SO ₂ | Petróleo Diesel | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 12-Dic | VAPORES INDUSTRIALES | CALDERA INDUSTRIAL | IN-2056 | FUENTE NUEVA | Aserrín Biomasa | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 13-Dic | EL VOLCÁN | HORNO CUBILOTE | PR-219 | GRAN EMISOR | Coque Metalúrgico | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 14-Dic | CRISTALERÍAS TORO | HORNOS DE FUSION N° 1 y 2 | PR-5131 PR-949 | CAMBIO DE COMBUSTIBLE GRAN EMISOR | Petróleo N° 6 | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 19-Dic | SOPROCAL | HORNO ROTATORIO | PR-766 | GRAN EMISOR | Carbón Bituminoso | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 20-Dic | CRISTALERIAS CHILE | HORNOS FUNDICION VIDRIO | PR-1724,5523,6 81,2236 | GRAN EMISOR | Petróleo N° 5 Gas natural | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 21-Dic | PAPELES INDUSTRIALES | CALDERA INDUSTRIAL | IN-1460 | TIPO DE FUENTE | Carbón | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 29-Dic | COPESA | LÍNEAS DE IMPRESIÓN | PR-4023 | TIPO DE FUENTE | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 02-Ene | AGROSUPER MELIPILLA | CALDERA | IN-1859 | CAMBIO DE COMBUSTIBLE | Petróleo N° 6 c/Filtro mangas | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 03-Ene | BITUMIX | HORNO DE ASFALTO | PR-724 | GRAN EMISOR | Gas Natural | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |
| 05-Ene | CERAMICAS BATUCO | HORNO CIRCULAR | PR-1193 | TIPO DE FUENTE | Leña | CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x y COV |

5.6.2.7.1 Comparación de mediciones realizadas en las fuentes en estudio

En el caso del horno de túnel N° 3175, de la empresa RHI, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 143. Comparación mediciones en empresa RHI.

| Emissiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 6,68 | 10,63 | 18,61 |
| Medición 05/07/1999 | 7,64 | 0 | 14,4 |

Los resultados de las mediciones 2005, no difieren considerablemente de los medidos anteriormente en 1999, sin embargo la medición anterior fue realizada en el primer horno túnel de la empresa.

En el caso del horno de fusión N° 9004, de la empresa MADECO, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 144. Comparación mediciones en empresa MADECO.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 3,15 | 0,20 | 3,05 |
| Medición 05/07/1999 | 0,91 | 0 | 2,68 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO, lo que puede deberse a diferencias en la metodología de muestreo.

En el caso del horno de cocción Morando N° 3911, de la empresa PRINCESA, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 145. Comparación mediciones en empresa PRINCESA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 114,91 | 74,76 | 26,26 |
| Medición 03/07/2000 | 10,05 | 0 | 7,03 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, lo que puede deberse a las características propias de la fuente, especialmente a las condiciones de operación presentes en el momento de la medición, tales como las condiciones de regulación de la combustión.

En el caso del secador Spray N° 5006, de la empresa UNILEVER, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 146. Comparación mediciones en empresa UNILEVER.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 308,13 | 14,92 | 1,15 |

Para esta fuente no se cuenta con mediciones de comparación previas.

En el caso del grupo electrógeno N° 5874, de la empresa WATTS, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 147. Comparación mediciones en empresa WATTS.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|-------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 31,86 | 0,49 | 6,26 |
| Medición 13/04/2000 | 0,19 | 0 | 1,7 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, lo que puede deberse a las características propias de la fuente, especialmente a las

condiciones de operación presentes en el momento de la medición, tales como las condiciones de regulación de la combustión.

En el caso del horno cubilote N° 755, de la empresa Fundición QUINTA, que opera con carbón siderúrgico, no se cuenta con valores de comparación medidos.

Tabla 148. Comparación mediciones en empresa Fundición QUINTA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 8,77 | 3,40 | 0,23 |

Para esta fuente no se cuenta con mediciones de comparación previas.

En el caso del horno túnel N° 3009, de la empresa CERAMICAS SANTIAGO, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 149. Comparación mediciones en empresa CERAMICAS SANTIAGO.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 339,61 | 140,54 | 10,80 |
| Medición 13/04/2000 | 19,76 | | 1,68 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, lo que puede deberse a las características propias de la fuente, especialmente a las condiciones de operación presentes en el momento de la medición, tales como las condiciones de regulación de la combustión.

En el caso del secador Spray 4, N° 5862, de la empresa CERAMICAS CORDILLERA, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 150. Comparación mediciones en empresa CERAMICAS CORDILLERA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|--|-------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 20,56 | 0,68 | 6,78 |
| Medición 12/09/2001, Secador N° 3 | 12,1 | - | 2,4 |
| Medición 26/08/1999, corresponde a secador Spray N° 1. | 0,55 | - | 2,1 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, existe una diferencia importante en los tamaños de las fuentes medidas, siendo el secador Spray N°4 de mayor tamaño que las fuentes medidas previamente.

En el caso del horno de rodillos N° 5865, de la empresa CERAMICAS CORDILLERA, que opera con GNC, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 151. Comparación mediciones en empresa CERAMICAS CORDILLERA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|--|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 6,68 | 7,58 | 2,53 |
| Medición 09/05/2002, Corresponde a horno rodillo N° 4. | 6,4 | - | 6,4 |
| Medición 05/05/1999 | 6,1 | - | 2,9 |

A pesar de que las fuentes comparadas tienen diferentes tamaños, los resultados no presentan diferencias considerables.

En el caso de la caldera industrial 1418, de la empresa ARIZTIA, que opera con petróleo N°6, la comparación de resultados medidos y estimados por SAIE es la siguiente:

Tabla 152. Comparación mediciones en empresa ARIZTIA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Estimados por SAIE | 2,0 | 78,4 | 22,4 |
| Medidos Inventario 2005 | 0,01 | 51,1 | 30,5 |
| Medición 02/08/1999 | 0 | - | 1,33 |

Los resultados de la medición de CO, resultan ser muy inferiores a los estimados, sin embargo esta diferencia se puede explicar, debido a que la fuente se midió a plena carga, condición en que la combustión tiene una mejor regulación. Dado que en forma práctica la caldera opera usualmente a niveles de carga menores, la estimación de emisiones con factor de emisión de EPA, es más representativa del amplio rango de operación de la caldera.

La diferencia en las emisiones de SO₂, se debe a la diferencia en los contenidos de azufre del combustible empleado. La que sin ser de gran magnitud, requiere una revisión de los valores.

La diferencia en las emisiones de NO_x se puede deber al uso de catalizadores de combustión adicionados al combustible empleado por la caldera, los que permiten elevar la temperatura de llama, reduciendo las emisiones de MP y CO, para que estos resultados sean permanentes en el tiempo se requiere que los porcentajes de aditivo sean estables en el tiempo.

En el caso del horno de calcinación N° 2432, de la empresa Romeral, que opera con Petróleo N°6, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 153. Comparación mediciones en empresa ROMERAL.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 0,41 | 12,67 | 24,11 |
| Medición 15/02/2000 | 1,44 | - | 13,12 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, lo que puede deberse a las características propias de la fuente, especialmente a las condiciones de operación presentes en el momento de la medición, tales como las condiciones de regulación de la combustión.

En el caso de la quema de Biogas, de la empresa LEPANTO, no se cuenta con valores medidos anteriormente.

Tabla 154. Comparación mediciones en empresa LEPANTO.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|-------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 24,13 | 0,90 | 5,50 |

En el caso de la caldera de calefacción N° 4040, de la empresa AGUAS ANDINAS, que opera con Biogas, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 155. Comparación mediciones en empresa AGUAS ANDINAS.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 102,11 | 7,89 | 4,04 |
| Medición 19/05/2005 | 0,26 | - | 3,4 |

Destacan las diferencias en los resultados de las mediciones de CO, los que pueden deberse a las condiciones de operación de la fuente, especialmente en lo que respecta a la regulación de la combustión.

En el caso de la caldera Industrial N° 1020, de la empresa CONADE (ver siguiente Tabla), que opera con Petróleo N° 6, no se cuenta con mediciones de comparación previas.

Tabla 156. Comparación mediciones en empresa CONADE.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 0,26 | 117,21 | 44,06 |

En el caso de la caldera Industrial N° 452 de la empresa MALTERIAS UNIDAS, que opera con Carboncillo, la comparación de resultados medidos es la siguiente:

Tabla 157. Comparación mediciones en empresa MALTERIAS UNIDAS.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|-------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 17,8 | 54,0 | 13,0 |
| Medidos 28/08/1999 | 146,5 | | 22,1 |

En la comparación destaca la diferencia en los resultados medidos para el CO y el NO_x, lo que puede deberse a las características propias de la fuente, especialmente a las condiciones de operación presentes en el momento de la medición, tales como las condiciones de regulación de la combustión.

En el caso del horno Convector de la empresa BRAVO ENERGY, que opera con gas licuado, se tienen los siguientes valores para el año 2005:

Tabla 158. Comparación mediciones en empresa BRAVO ENERGY.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|-----|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 1,9 | 91,9 | 14,8 |

En el caso de la caldera Industrial N° 796 de la empresa Papeles Cordillera, que opera con Petróleo 5 y aditivo, no se cuenta con mediciones de comparación previas.

Tabla 159. Comparación mediciones en empresa PAPELES CORDILLERA.

| Emisiones en T/año | CO | SO ₂ | NO _x |
|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
| Medidos Inventario 2005 | 15,7 | 460,9 | 351,8 |

5.6.2.8 Verificación de los niveles de actividad de las fuentes.

Se actualizan los niveles de actividad de las fuentes mayores emisores, mediante la comparación de los antecedentes existentes en la base cargada en SAIE, con las declaraciones de emisión año 2005, entregadas en papel por las industrias a la ASRM. La siguiente Tabla resume los resultados actualizados.

Tabla 160. Niveles de actividad actualizados

| RAZON | desc_ub | Total |
|--|----------------------|---------|
| CEMENTO POLPAICO S.A. | Cemento | 60.120 |
| | Clinker | 782.362 |
| CERAMICA SANTIAGO S.A. | Ton de ceramica | 158.388 |
| CERAMICAS CORDILLERA S.A. | Ton de ceramica | 164.331 |
| CIA. IND. EL VOLCAN S.A. | Lana Mineral | 15.552 |
| | Yeso | 172.800 |
| CONSTRUCT. PAVIMENTOS ASFALTICOS BITUMIX | Mescla de asfalto | 447.000 |
| CRISTALERIAS DE CHILE S.A. | Vidrio Fundido | 334.368 |
| CRISTALERIAS TORO S.A.I.C. | Vidrio Fundido | 1.296 |
| INDS. PRINCESA LTDA. | Ladrillos | 204.768 |
| MACKENNA Y MACKENNA S.A. | Vidrio Fundido | 5.184 |
| MOLIBDENOS Y METALES S.A. | Oxido de Molibdeno | 84.526 |
| REFRACTARIOS RHI CHILE LTDA. | Ladrillo Refractario | 47.436 |
| SOC. IND. ROMERAL S.A. | Yeso | 30.348 |
| SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A. | Cal | 196.992 |

Tabla 161. Consumos de totales de combustibles para el año 2005 obtenidos de la BD FFIJAS

| Combustible | Consumo anual ³³ |
|-------------------|-----------------------------|
| CARBON BITUMINOSO | 693.571,34 |
| GAS LICUADO | 407.355,44 |
| GAS NATURAL | 8.143.589,45 |
| KEROSENE | 119.591,19 |
| LEÑA | 108.688,44 |
| PETROLEO 2 | 4.825.591,94 |
| PETROLEO 5 | 254.580,72 |
| PETROLEO 6 | 592.261,38 |

5.6.3 Resultados inventario 2005

Los resultados finales proveniente de fuentes fijas correspondientes al escenario 2005 Real y de Diseño, se presentan en el Anexo I. Estos fueron calculados empleando el SAIE con las modificaciones descritas anteriormente.

5.6.3.1 Implementación de las medidas contenidas en el PPDA

De todas las medidas consignadas en la reformulación 2004 del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Atmosférica de la Región Metropolitana, se incluyeron en este estudio las relacionadas con Material Particulado, Monóxido de Carbono y Óxidos de Azufre.

³³ Los consumos de combustibles gaseosos son expresados en m³/año, mientras que para el resto de los combustibles se ha hecho en ton/año.

5.6.3.1.1 Monóxido de carbono

El Artículo 31 del PPDA, establece como norma de concentración de CO el valor de 100 ppm para aquellas fuentes estacionarias cuya emisión depende solo del combustible utilizado, excluyendo a grupos electrógenos y turbinas a gas, fuentes para las cuales aún no se establece una norma. Para objeto de este estudio se evalúan aquellas fuentes que funcionan utilizando combustibles gaseosos, ya que el objetivo de la norma es permitir el control de las condiciones de operación sobre aquellas fuentes que utilizan principalmente combustibles de este tipo.

Para las fuentes consideradas, se obtiene la concentración de CO en ppm a partir de la emisión anual de este contaminante, ésta se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración ppm} = (\text{Emisión} * 10^9) / (\text{Días} * \text{Horas} * \text{Caudal})$$

Donde :

- Emisión : Emisión anual por fuente de CO, expresada en toneladas anuales
Días : Numero de días de funcionamiento en el año de la fuente
Horas : Horas promedio de funcionamiento diario de la fuente emisora
Caudal : Caudal corregido de la fuente, m³N/hr

5.6.3.1.2 Norma de emisión de óxidos de azufre

Para la aplicación de esta medida, se corrigieron las emisiones de este contaminante aplicando los porcentajes de azufre publicados en la primera actualización del PPDA antes de estimar las emisiones de SO₂, considerando aquellas fuentes que dependen exclusivamente del consumo de combustible. Esto se justifica debido a que la emisión se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = \text{NA} * \text{FE} * \% \text{Az}$$

Donde:

- Na : Nivel de actividad, (consumo de combustible).
Fe : Factor de emisión SO₂.
%Az : Porcentaje de Azufre del combustible Masa (m/m).

En el caso de aquellas fuentes que cuentan con mediciones, sus emisiones son corregidas directamente usando la ecuación que a continuación se presenta:

$$\text{Emisión corregida}_{(\text{ton/año})} = \text{Emisión}_{(\text{ton/año})} * \frac{\text{Az \% PPDA}}{\text{Az \% 2000}}$$

Los porcentajes de azufre correspondientes a los combustibles genéricos se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 162. Porcentaje de Azufre de los combustibles empleados por fuentes fijas.

| Combustible | % Az Inv. 2000 | % Az PPDA 2004 |
|-------------------------------------|----------------|----------------|
| Gas Licuado | 0,010 | 0,008 |
| Gas de Ciudad | 0,010 | 0,010 |
| Gas Natural | 0,014 | 0,014 |
| Leña | 0,000 | 0,000 |
| Kerosene | 0,150 | 0,050 |
| Mezcla Combustibles* Asumido c/pet5 | 1,000 | 1,000 |
| Carbón Bituminoso | 2,900 | 2,900 |
| Petróleo 6 | 0,100 | 0,100 |
| Petróleo 5 | 0,100 | 0,100 |
| Petrolero 2 | 0,150 | 0,005 |
| Aceite Reciclado* Asumido c/pet 5 | 1,000 | 1,000 |
| Carbón Coke | 2,900 | 2,900 |
| Carbón Vegetal | 2,900 | 2,900 |

Esta norma es superada por fuentes que utilizan petróleos pesados y carbón. Por lo cual para evaluar el inventario de diseño, se estiman las emisiones con el límite permitido.

En el caso de las fuentes que tienen una emisión anual mayor a 100 ton/año se les proyectó la emisión directamente, ya que cada titular presentó planes de reducción de acuerdo a su nivel de emisión y características de la fuente.

Para el cálculo de la emisión de Oxidos de Azufre a partir del consumo energético se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Emisión (ng/J)} = \frac{E_{\text{anual}} * 10^5}{\text{Días} * \text{hrs} * \text{Consumo} * \text{Pci} * 4184}$$

Donde:

- E_anual : Emisión anual de SO_x (ton/año)
- PCI : Poder calorífico inferior del combustible (Kcal/kg)
- Días : Días de funcionamiento anual de la fuente
- Hrs : Horas de funcionamiento diarios de la fuente
- Consumo : Consumo de Combustible (kg/hr)

5.6.3.1.3 Compensación de emisiones

Tal como ha sido indicado anteriormente la compensación de emisiones de MP para procesos y NO_x para procesos y calderas, será implementada a partir del 2007 y por tanto será incorporada como medida para la generación del inventario 2010 con medidas.

En el inventario 2005 se verificó que las emisiones diarias iniciales (EDIs) asignadas a las calderas puntuales existentes, no superaran dicho valor, lo cual fue comprobado de manera satisfactoria. Para efectuar este cálculo se utilizó la base de datos DICTUC 2005. Mediante el empleo del campo fecha de instalación fue posible obtener una aproximación del universo de calderas puntuales existente y mediante la ecuación de cálculo contenidas en el PPDA y sus actualizaciones, se determinó la emisión máxima de este grupo de fuentes al 2005, lo cual fue comparado con la emisión proyectada al 2010.

El D.S. N° 4/1992 del Ministerio de Salud, establece normas de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales y grupales.

Para el caso de las fuentes existentes puntuales establece una cantidad máxima diaria de emisión de material particulado, a menos que compensen la diferencia de emisiones mayor a la autorizada. La emisión máxima permitida se obtuvo a partir de la siguiente relación:

$$\text{E.D. (kg/día)} = \text{caudal (m}^3/\text{hr)} * \text{conc.} * 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 24 \text{ (hr/día)}$$

Donde: “conc.” es la concentración de material particulado para determinar la emisión máxima diaria permitida (0.000032 (kg/m³) válida al 2005, según modificaciones establecidas en el PPDA).

Para el cálculo de esta emisión, se obtuvieron las emisiones, caudales y ciclos de funcionamiento de las fuentes incorporadas a la línea base 2005 proyectada por CENMA y el Inventario 2005 DICTUC a todas aquellas fuentes existentes puntuales. Posteriormente se calcularon las emisiones diarias teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se considera fuentes existentes aquellas instaladas con anterioridad al 02/03/1992 y declaradas con anterioridad al 31/12/1997.
- Fuente puntual es aquella que tiene un caudal mayor o igual a 1000 m³N/hr
- La concentración vigente al año 2005, es de 32 (mg/m³N).

5.6.3.1.4 Planes de reducción de emisiones de SO₂ de grandes emisores

El PPDA establece la exigencia de presentación de un Programa de Reducción de Emisiones de SO_x para aquellos establecimientos industriales cuyas fuentes se encuentren en la categoría de procesos industriales existentes según el DS N° 4/1992, y que concentren el mayor aporte a las emisiones de SO_x en la Región Metropolitana para esa categoría de fuentes. Esto es, cuyo aporte conjunto de emisiones de SO_x al subsector de fuentes categorizadas como procesos, alcance al 80%. Estas reducciones son consideradas para el inventario 2010.

Las fuentes sujetas al Programa de Reducción de Emisiones de SO_x, quedarán eximidas de la acreditación de cumplimiento de la norma de SO_x de 30 ngr/joule, los planes presentados son los siguientes:

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

185

a.) MOLYMET

El establecimiento comprometió un 50% de reducción de emisiones de SO₂ a partir de una emisión base del orden de 1.980 t/año y en un plazo máximo de reducción al año 2008. Asimismo el proyecto mediante el cual se efectuara la reducción comprometida fue presentado al Sistema de Evaluación Ambiental y se encuentra aprobado.

b.) SOPROCAL

El establecimiento presentó antecedentes fundamentando que no les corresponde presentar un Programa de Reducción, por cuanto su emisión anual de SO₂ es inferior a 100 t/año. Se efectuó una evaluación de la línea base, para lo cual y de común acuerdo con el establecimiento se realizaron mediciones de referencia por parte de la Autoridad Sanitaria y también por el propio establecimiento. Para ello se utilizó la metodología oficial aprobada por la autoridad y en conjunto se fijaron las condiciones de operación mas representativas de la operación normal de los hornos para la medición. Los resultados obtenidos indicaron que la emisión del establecimiento es inferior a 100 t/año de SO₂ por lo cual no deben presentar un Programa de Reducción de Emisiones.

c.) POLPAICO S.A

El establecimiento presentó una línea de emisiones del orden de 400 t/año de SO₂, la cual se encuentra actualmente en discusión en conjunto con el Área de SEIA. Lo anterior dado que de acuerdo a la Resolución de Calificación Ambiental que aprueba el proyecto “Ampliación del uso de Combustibles de Sustitución y Materias Primas Alternativas en Planta de Cerro Blanco” el establecimiento se comprometió a emitir una cantidad de SO₂ anual del orden de 58 t/año. La diferencia entre ambas emisiones se debe a que en el primer caso la emisión se determinó a partir de monitoreo discreto y en el segundo a partir de monitoreo continuo, el cual no se encuentra aprobado por la Autoridad Sanitaria.

El establecimiento en el programa presentado compromete un 3% de reducción de las emisiones en uno de sus hornos, se encuentra pendiente su aprobación.

d.) Cristalería Chile

El establecimiento presentó un programa que compromete una reducción del orden del 20% de su emisión actual (300 t/año de SO₂).

e.) Cristalerías Toro

El establecimiento presentó un programa que compromete una reducción de emisiones de SO₂ del orden de 20% de su emisión actual (114 t/año).

f.) Industrias Princesa S.A.

Lo presentado por el establecimiento no se ajusta a un programa de reducción de emisiones de SO₂ según lo establece el PPDA. Se encuentra pendiente su definición.

6 COMPARACIÓN DEL INVENTARIO 2005 CON EL INVENTARIO PPDA 2000

Los resultados obtenidos para el Inventario 2005 se comparan en esta Sección del Informe con los resultados del Inventario 2000 del PPDA.

Se incluye en el Anexo II un listado detallado de todos los factores de emisión empleados en la construcción del Inventario 2005, y su comparación con los utilizados anteriormente para confeccionar el Inventario 2000 PPDA.

Una manera de resumir la actualización de información y de metodologías empleadas en la realización del presente Inventario 2005 es contrastar lo que se hizo en este Estudio y cómo se construyó el anterior Inventario año 2000 para el PPDA. La siguiente Tabla da cuenta de esta comparación.

Tabla 163. Mejoras del Inventario 2005 con respecto al Inventario 2000.

| | Inventario 2000³⁴ | Inventario 2005 |
|---|---|--|
| MP2,5 | No considera las emisiones | Considera las emisiones |
| Fuentes Móviles en Ruta³⁵ | Utilización como base de cálculo de una corrida del modelo de transporte Etraus año 2000 basada en la encuesta origen destino del año 1991. | Utilización como base de cálculo de una corrida del modelo de transporte Etraus año 2005, basada en la encuesta origen destino del año 2001. |

³⁴ Este inventario fue desarrollado en el marco del estudio: “Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana”, ejecutado por el Centro Nacional del Medio Ambiente, CENMA, por encargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, año 2001

³⁵ Se debe señalar que las adecuaciones del inventario 2000 de fuentes móviles del PPDA fueron desarrolladas en varios estudios desarrollados por organismos del estado y recogidas en el presente inventario para la generación del escenario 2005:

Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ingeniería (2001) "Puesta en Marcha y Mantención de un Sistema Computacional para la Modelación del Ozono y el Material Particulado Secundario en la Zona Metropolitana de Santiago de Chile", proyecto desarrollado para CONAMA R.M.

Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ingeniería (2002) “Evaluación de los Beneficios en Calidad del Aire de las medidas de reducción de Emisiones de Fuentes Móviles del PPDA”, proyecto desarrollado para CONAMA R.M.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2000) “Análisis de Evaluaciones y Reevaluaciones ExPost, VI Etapa”. Proyecto desarrollado para MIDEPLAN

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2001) “Actualización modelo de cálculo de emisiones vehiculares”. Proyecto desarrollado para MIDEPLAN

Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA (2001) “Desarrollo de un sistema de actualización automático del inventario de emisiones del sector fuentes móviles, Primera parte “. Proyecto desarrollado para MOPTT

| | | |
|--|--|--|
| | Factores de emisión utilizados para vehículos livianos fueron medidos en Chile, considerando una flota promedio de la época y, por lo tanto, no se considera deterioro, principalmente de los vehículos con convertidor catalítico | Incorporación de deterioro para los vehículos con y sin convertidor catalítico. |
| | El inventario 2000 consideraba un gran número de factores de emisión del sistema COPERT ³⁶ , versión II | En el inventario 2005 todas las categorías tienen actualizados los factores desde el sistema COPERT versión III, a excepción de los vehículos livianos medidos en Chile. |
| | Las emisiones de SO _x se estiman considerando valores de azufre para el caso del diesel de 1500 ppm. | Las emisiones de SO _x se estiman considerando valores de azufre para el caso del diesel de 50 ppm. |
| | Se considera un contenido de azufre en las gasolinas de 400 ppm. | Se considera un contenido de azufre en las gasolinas de 30 ppm. |
| | Los factores de cálculo de consumo de combustible utilizados para este inventario sobreestimaban el consumo de gasolina y subestimaban el consumo de diesel al comparar los resultados con estadísticas de consumo oficiales de la SEC ³⁷ | Se eliminaron las correcciones a los factores de consumo de combustible y las estimaciones se aproximan a las estadísticas oficiales de la SEC. |
| | Los perfiles temporales para el inventario 2000 fueron construidos con información de conteos disponibles entre los años 1995 y 1998. | Se calculan los perfiles de expansión temporal de los flujos vehiculares con información de conteos vehiculares actualizada, 2001. |
| | Esos perfiles eran independientes del sentido de circulación y la ciudad se separaba en nueve grandes sectores geográficos. | Los perfiles de actividad se separan según sentidos de circulación. Se realiza una sectorización a nivel comunal. |
| | Se consideraron perfiles temporales para un número limitado de categorías vehiculares. | Se diferencian perfiles por categorías vehiculares más detalladas. |
| | Se consideraba una composición invariante entre distintas categorías vehiculares a lo largo del día. | Se incorporan composiciones variables durante el día para las distintas categorías vehiculares. |
| | La falta de información respecto a la composición del parque de vehículos livianos diesel produjo una sobre estimación de las emisiones de esta categoría de vehículos en el inventario 2000. | Se corrige la composición de vehículos livianos diesel en el inventario. |

Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA (2002) “Desarrollo de un sistema de actualización automático del inventario de emisiones del sector fuentes móviles, Segunda parte “.

³⁶ COPERT, *COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport*, disponible en la página web:

<http://lat.eng.auth.gr/copert/>

³⁷ Superintendencia de Electricidad y Combustible

| | | |
|--|---|--|
| | En el caso de emisiones de carreteras las emisiones reportadas el 2000 corresponden a una estimación efectuada el año 1997. | Las emisiones de carreteras fueron actualizadas al 2005 con el censo de carreteras. |
| | La red interurbana y sus características provienen de un trabajo efectuado por CONAMA para la confección del inventario 1997. | La red interurbana y sus características provienen de información de vialidad del MOP actualizada al 2005, con mayor cobertura de la red. |
| Fuentes Estacionarias Puntuales | Considera como MP10 los valores medidos mediante muestreo isocinético ³⁸ , lo que corresponde a material particulado total. | Los valores de material particulado medidos fueron especiados por tamaño para la obtención del inventario de MP10 y de MP2.5. |
| | Considera mediciones realizadas con anterioridad al año 1997, cuando aún no se contaba con una normativa que regulara a los laboratorios de medición. | En la base de datos 2005 de fuentes fijas no se incluyen mediciones anteriores al año 1997. |
| | La totalidad de las emisiones de gases para grandes emisores fueron estimadas con factores de emisión. | La estimación de gases de grandes emisores se desarrolló mediante mediciones directas. |
| | La información de niveles de producción fue extraída de estudios desarrollados con anterioridad al año 2000. No se incluyeron las Declaraciones de Emisiones. | Los factores de emisión fueron extraídos desde el sistema de Declaración de Emisiones de la Autoridad Sanitaria. |
| | No se estimaron las emisiones de grupos electrógenos | Se estiman las emisiones de material particulado a partir del catastro de grupos electrógenos provenientes de la autoridad sanitaria, y se estiman emisiones de gases a partir de datos de consumo de combustible. |
| | Solo incluye emisiones fugitivas de GLP | Incluye las fugas de GLP y las de una fuente de emisiones fugitivas de COV. |
| Fuentes Estacionarias de Área | Para el caso de la leña los factores de emisión utilizados para el MP10 y gases corresponden a mediciones efectuadas por PRIEN en un estudio del año 1992 ³⁹ | Se aplican factores de emisión de MP10 representativos de artefactos de combustión lenta chilenos ⁴⁰ . Los factores utilizados para otros tipos de uso de la leña y para gases corresponden a factores internacionales. |

³⁸ Metodología oficial para medición de material particulado desde fuentes fijas

³⁹ "Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área metropolitana de Santiago", desarrollado por el Programa de Investigaciones en Energía, PRIEN, de la Universidad de Chile para la CNE, 1992. Este estudio realiza la medición de emisiones de distintos artefactos y realiza una encuesta respecto del uso y consumo de leña al año 1992 en la Región Metropolitana. Es el primer antecedente respecto a la combustión residencial de leña en el Gran Santiago. Los resultados del estudio, entre otros, indican que el consumo residencial de leña en la RM se estima en 104.100 toneladas al año, de los cuales el 40% es consumido por los sectores socioeconómicos medio y alto y el 60% es consumido por el sector socioeconómico bajo.

⁴⁰ *Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile.* Thomas Nussbaumer. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006. (Medición de estufa chilena en Suiza).

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| | Uso de información de consumo de leña con un alto grado de incertidumbre ⁴¹ . | Uso de mejores estadísticas para cuantificar el consumo de leña en la región ⁴² tanto para consumo asociado a calefacción por tipo de artefactos como por otros usos. |
| | Emisiones biogénicas estimadas con información del año 1997 | Actualización de emisiones biogénicas con información del año 2000. |
| | Emisiones de crianza de animales estimadas a partir de información del VI Censo Nacional Agropecuario - Resultados Preliminares 1997, Instituto Nacional de Estadísticas (INE). | Se incorporó inventario de amoniaco proveniente de la crianza de animales desarrollado por un estudio especializado del SAG el año 2006 ⁴³ |
| | No contemplaba estimaciones de fabricación de ladrillos artesanales en la Región Metropolitana. | Se incluye información de emisiones de obras de ladrillos artesanales provenientes de la Autoridad Sanitaria de la R.M. |
| Polvo Resuspendido | En el caso de calles pavimentadas, la metodología aplicada consideró para la generación de factores de emisión un factor para cada categoría vehicular en función del peso de cada vehículo. | Se corrigió usando la metodología internacional que establece el uso del peso promedio de las categorías vehiculares que circulan por cada arco. |
| | Los valores de contenido de material fino en las calles provienen de un estudio de INTEC del año 1992. | Para el contenido de material fino en las calles se usaron valores reportados por el AP42 de la EPA. Se incorporó la reducción de emisiones producidas por la aplicación del Programa de Aspirado de Calles ⁴⁴ . |
| | No consideraba emisiones de polvo resuspendido desde actividades industriales. | Se incluyen polvo resuspendido desde actividades de extracción y procesamiento de árido y manejo desde rellenos sanitarios. |
| Fuentes Móviles Fuera de Ruta | Sólo consideraba como parte de las fuente fuera de ruta a la maquinaria agrícola. | Además de la maquinaria agrícola, se considera maquinaria y camiones de la industria, principalmente para el procesamiento de áridos y rellenos sanitarios. |
| | Las emisiones del principal aeropuerto de la ciudad Aeropuerto Arturo Merino Benítez, sólo consideraban las emisiones | Se sumaron las emisiones de las aeronaves, las emisiones de los vehículos de acercamiento y de los vehículos de |

⁴¹ Para obtener el consumo de leña se han utilizado los resultados de la Encuesta de Presupuestos Familiares realizada por el INE y el estudio de PRIEN citado arriba, en general se utilizó un consumo per cápita multiplicado por la población de la Región.

⁴² Estudio "Diseño y evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA", CONAMA - Gamma, 2006 y Estudio CNE: "Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile", 2006

⁴³ Estudio: "Evaluación de las emisiones de amoniaco, actividades ganaderas R.M", SAG – POCH Ambiental S.A., año 2006

⁴⁴ Estudio: Control y Fiscalización del Servicio "Limpieza de Calles Período 2003-2007, Línea de Trabajo N° 2 Servicio De Asesoría para la Fiscalización e Inspección Técnica de la Limpieza de Calles, GORE – DICTUC S.A., año 2006

| | | |
|--|---|--|
| | provenientes de los ciclos de aterrizaje y despegue de los aviones. | apoyo en tierra del Aeropuerto Arturo Merino Benítez ⁴⁵ . |
|--|---|--|

⁴⁵ Estudio: “Sistema de Información para la Gestión de la calidad del aire en el aeropuerto AMB , Santiago”, Ministerio de Obras Públicas – SIGA, año 2005.

7 RESULTADOS DEL INVENTARIO 2005

A continuación se entregan los resultados del Inventario 2005 y del Inventario de Diseño del PPDA año 2005, tanto para el para el período anual como para el período de gestión de episodios críticos (GEC), el cual corresponde al periodo de Abril a Agosto. Las Tablas más detalladas se entregan en el Anexo I, mientras que en esta Sección se presentan Tablas agregadas para comparar los Inventarios 2005 y de Diseño del PPDA.

Las figuras siguientes se presentan con el fin de poder interpretar a qué fuentes específicas corresponden las agrupaciones de fuentes principales entregadas en las tablas de resúmenes de inventarios.

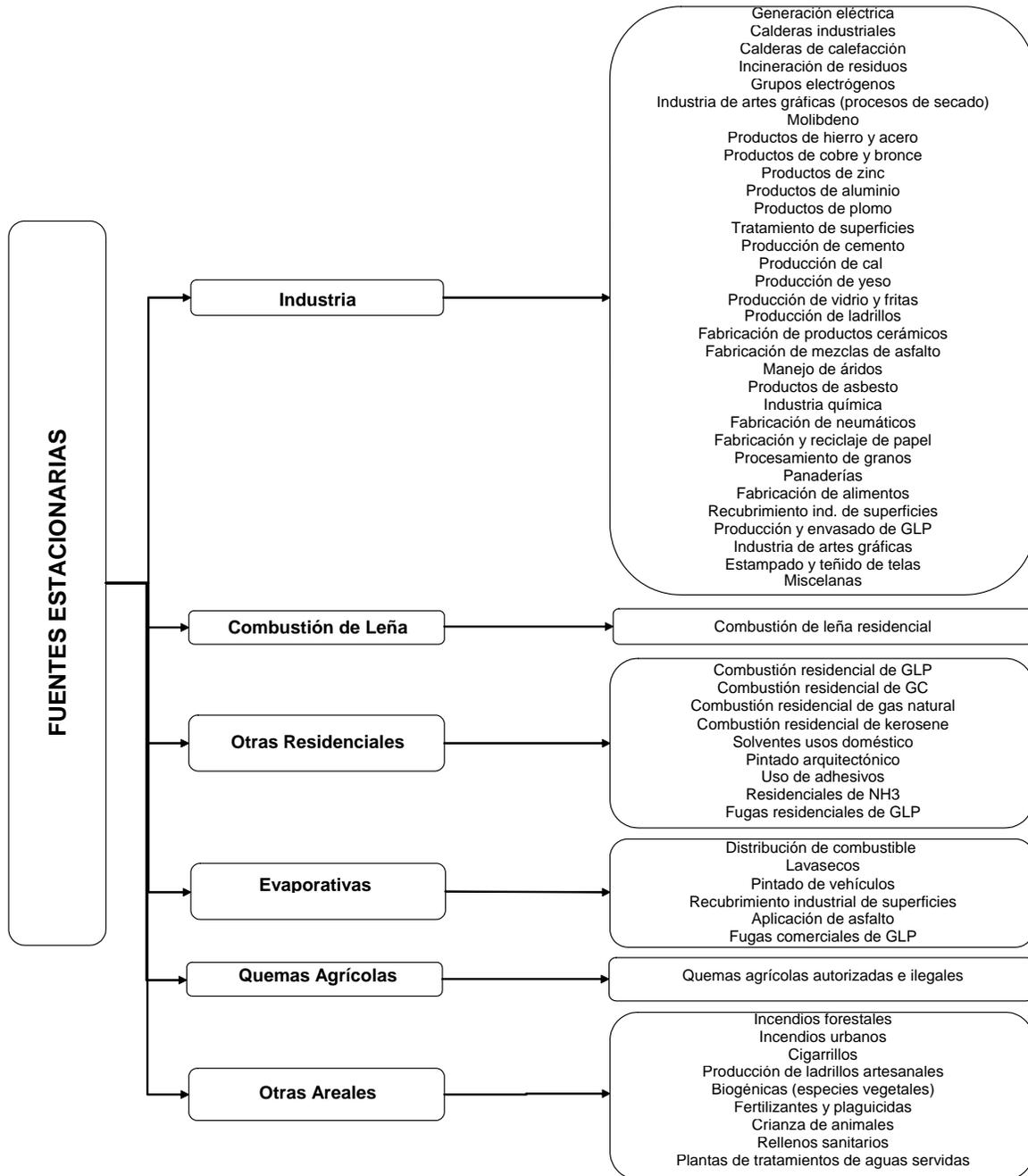


Figura 32: Estructura de agrupación de fuentes estacionarias

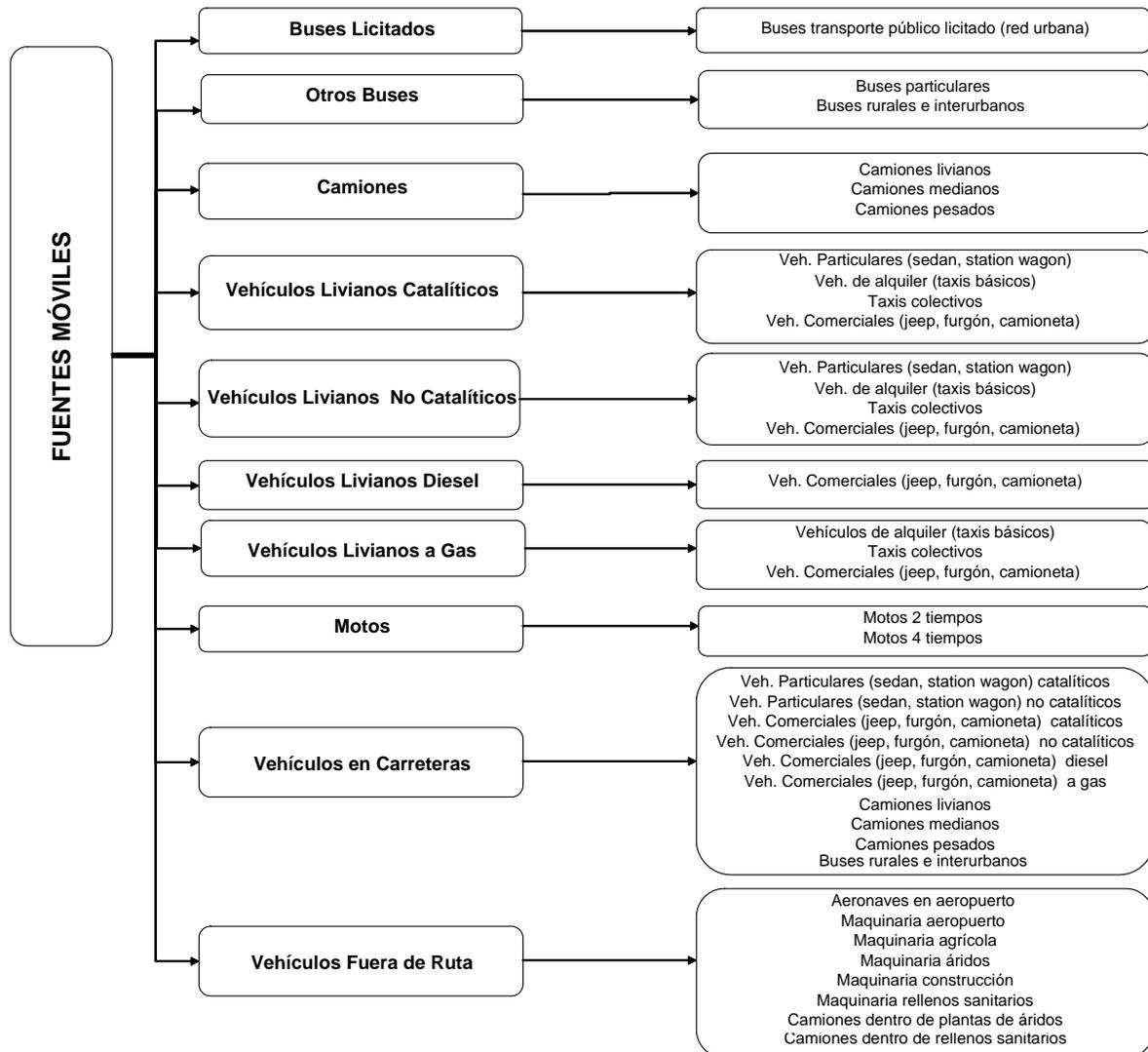


Figura 33: Estructura de agrupación de fuentes móviles

Nota: Los vehículos particulares y taxis diesel (ambos sedan, station wagon), no fueron considerados dentro de este inventario ya que, para el caso del vehículos particulares, su participación aun no refleja alteraciones significativas dentro del parque automotriz (1% de participación respecto al total de vehículos particulares) y para el caso de taxis, no se registra participación de este tipo de vehículos.

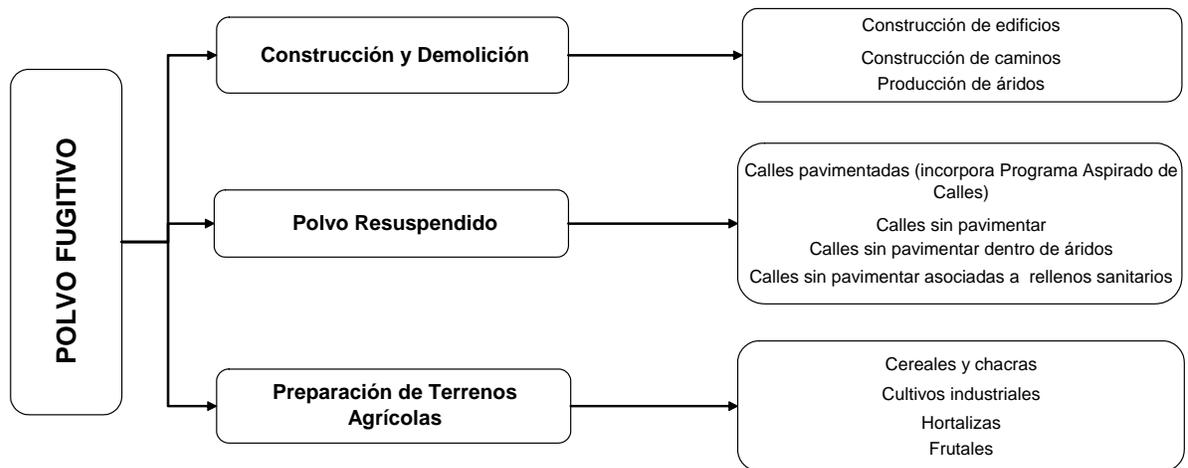


Figura 34: Estructura de agrupación de fuentes de polvo fugitivo

7.1 INVENTARIO 2005 ANUAL⁴⁶

Este inventario considera el estado de avance efectivo en la implementación de las medidas establecidas en el PPDA para el año 2005, es decir, considera el sistema de transporte público funcionado con la licitación de recorridos anterior a la entrada en régimen del Transantiago, y las medidas de fuentes fijas industriales en su estado de avance de cumplimiento según lo reportado en la base de datos oficial entregada por la Autoridad Sanitaria de la R.M. Para las medidas establecidas para el resto de las fuentes, en general todas se encontraban cumplidas al año 2005.

⁴⁶ Para ver la información correspondiente a las emisiones de material particulado provenientes del polvo resuspendido, o bien buscar emisiones con más nivel de detalle por categoría de fuente que en las siguientes Tablas, se puede consultar el Anexo 1 más adelante.

Tabla 164: INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL RESUMEN, ESCENARIO 2005, REGIÓN METROPOLITANA

| INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2005 REAL, REGIÓN METROPOLITANA | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES ESCENARIO 2005 REAL | | | | | | | |
| Categoría de Fuente | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año | CO ton/año | NOx ton/año | COV ton/año | SOx ton/año | NH3 ton/año |
| Industria | 1266,9 | 994,0 | 7744,5 | 12332,1 | 7541,6 | 12829,3 | 217,4 |
| Combustión de Leña Residencial | 693,1 | 673,6 | 8235,0 | 84,8 | 7465,6 | 11,8 | 71,0 |
| Otras residenciales | 78,9 | 69,6 | 338,3 | 1160,9 | 41241,6 | 294,2 | 3800,4 |
| Comerciales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7910,6 | 0,0 | 0,0 |
| Quemas Agrícola | 246,54 | 234,75 | 2139,19 | 101,55 | 171,40 | 11,73 | 11,54 |
| Otras Areales | 651,5 | 465,8 | 5249,0 | 135,9 | 18608,7 | 0,0 | 27724,9 |
| Total Estacionarias | 2937,1 | 2437,7 | 23706,0 | 13815,2 | 82939,6 | 13146,9 | 31825,2 |
| Buses licitados | 221,4 | 196,0 | 1436,6 | 5866,7 | 714,6 | 21,6 | 1,9 |
| Otros buses | 94,9 | 82,1 | 515,1 | 2507,3 | 235,2 | 9,2 | 1,2 |
| Camiones | 763,2 | 670,6 | 3514,8 | 11179,5 | 2199,3 | 43,5 | 6,5 |
| Veh Livianos cat* | 189,9 | 0,0 | 59110,5 | 4850,2 | 4394,6 | 50,8 | 1002,3 |
| Veh Livianos no cat* | 40,1 | 0,0 | 142544,0 | 11524,2 | 11631,3 | 11,8 | 6,0 |
| Veh Livianos diesel | 282,8 | 248,9 | 1071,2 | 903,9 | 145,7 | 7,0 | 0,9 |
| Veh Livianos gas* | 1,7 | 0,0 | 654,2 | 46,9 | 40,5 | 0,0 | NE |
| Motos* | 1,8 | 0,0 | 3971,4 | 24,6 | 706,5 | 0,4 | 0,3 |
| Fuera de ruta | 154,5 | 142,0 | 2215,2 | 973,3 | 320,3 | 45,5 | 31,6 |
| Total Móviles | 1750,3 | 1339,7 | 215032,9 | 37876,4 | 20388,0 | 189,8 | 1050,7 |
| TOTAL MOVILES Y ESTACIONARIAS | 4687,4 | 3777,4 | 238738,9 | 51691,5 | 103327,6 | 13336,7 | 32875,9 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

Notas:

NE = No Estimado

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

* Las emisiones de PM10 corresponden a emisiones de desgaste de frenos y neumáticos, no a combustión.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

Las emisiones de vehículos livianos a gas fueron calculadas utilizando factor de emisión de vehículos a GLP entregado en COPERT III.

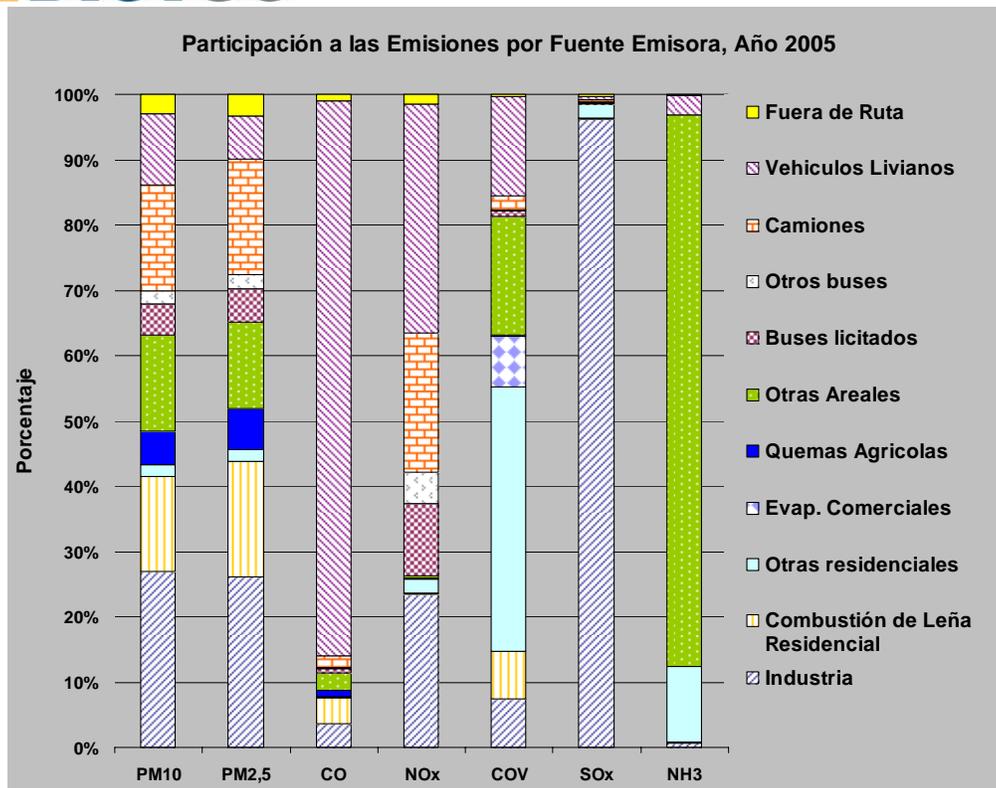


Figura 35: Participación de emisiones por categoría de fuentes, año 2005 anual, Región Metropolitana

Tabla 165: INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL RESUMEN POLVO FUGITIVO, 2005 RM.

| INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2005 REAL, REGIÓN METROPOLITANA | | | |
|---|--------------------|---------------------|----------------------|
| FUENTES GENERADORAS DE POLVO FUGITIVO | | | |
| Categoría de Fuente | PTS ton/año | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año |
| Construcción de Edificios | 2362,5 | 1157,8 | 47,2 |
| Construcción de Caminos | 85,6 | 55,5 | 1,3 |
| Producción de Áridos | 1067,0 | 380,9 | N/E |
| Total Construcción y Demolióón | 3515,0 | 1594,2 | 48,5 |
| Calles Pavimentadas | 75407,9 | 14560,5 | 2073,7 |
| Calles Sin Pavimentar | 16861,1 | 4608,4 | 681,2 |
| Total Polvo Resuspendido | 92269,0 | 19168,9 | 2754,9 |
| Cereales y Chacras | 116,4 | 85,0 | 34,9 |
| Cultivos Industriales | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Hortalizas | 163,0 | 119,0 | 48,9 |
| Frutales | 27,4 | 20,0 | 8,2 |
| Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 307,1 | 224,2 | 92,0 |
| TOTAL POLVO FUGITIVO | 96091,2 | 20987,3 | 2895,5 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

Este inventario corresponde al escenario que considera sólo los meses de gestión de episodios críticos (GEC) correspondiente a los meses de abril a agosto.

Además, la siguiente figura presenta las emisiones de MP10 por categoría de fuente para el período anual comparación y las correspondientes al período de gestión de episodios críticos (GEC).

Tabla 166: INVENTARIO DE EMISIONES GEC RESUMEN, ESCENARIO 2005, REGIÓN METROPOLITANA (PERÍODO ABRIL – AGOSTO)

| INVENTARIO DE EMISIONES CORRESPONDIENTE AL ESCENARIO 2005 REAL, REGIÓN METROPOLITANA (PERIODO ABRIL-AGOSTO) | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES | | | | | | | |
| Categoría de Fuente | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año | CO ton/año | NOx ton/año | COV ton/año | SOx ton/año | NH3 ton/año |
| Industria | 549,6 | 435,9 | 3317,0 | 5611,7 | 3328,7 | 5207,4 | 88,8 |
| Combustión de Leña Residencial | 668,0 | 649,1 | 7936,3 | 81,7 | 7194,8 | 11,3 | 68,4 |
| Otras residenciales | 43,4 | 36,6 | 185,8 | 642,1 | 14082,1 | 215,6 | 1776,6 |
| Comerciales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2555,7 | 0,0 | 0,0 |
| Quemas Agrícola | 58,65 | 55,85 | 508,91 | 24,16 | 40,78 | 2,79 | 2,75 |
| Otras Areales | 83,2 | 17,6 | 1057,2 | 26,3 | 4299,2 | 0,0 | 12809,6 |
| Total Estacionarias | 1402,8 | 1195,0 | 13005,2 | 6386,0 | 31501,3 | 5437,1 | 14746,1 |
| Buses licitados | 110,7 | 98,0 | 718,3 | 2933,3 | 357,3 | 10,8 | 1,0 |
| Otros buses | 41,9 | 36,3 | 228,9 | 1099,1 | 117,6 | 4,6 | 0,6 |
| Camiones | 372,7 | 327,8 | 1715,4 | 5416,3 | 1099,7 | 21,8 | 3,2 |
| Veh Livianos cat* | 92,6 | 0,0 | 28614,1 | 2300,5 | 2019,6 | 25,4 | 501,1 |
| Veh Livianos no cat* | 19,5 | 0,0 | 68639,4 | 5650,1 | 5623,1 | 5,9 | 3,0 |
| Veh Livianos diesel | 139,6 | 123,0 | 527,1 | 445,7 | 72,9 | 3,5 | 0,5 |
| Veh Livianos gas* | 0,8 | 0,0 | 309,6 | 23,34 | 20,0 | 0,0 | NE |
| Motos* | 0,9 | 0,0 | 1985,7 | 12,3 | 353,3 | 0,2 | 0,2 |
| Fuera de ruta | 67,4 | 62,0 | 931,4 | 367,8 | 134,0 | 18,6 | 12,9 |
| Total Móviles | 846,2 | 647,0 | 103669,9 | 18248,5 | 9797,4 | 90,7 | 522,5 |
| TOTAL MOVILES Y ESTACIONARIAS | 2249,0 | 1842,1 | 116675,1 | 24634,5 | 41298,7 | 5527,9 | 15268,6 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

Notas:

NE = No Estimado

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

* Las emisiones de PM10 corresponden a emisiones de desgaste de frenos y neumáticos, no a combustión.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

Las emisiones de vehículos livianos a gas fueron calculadas utilizando factor de emisión de vehículos a GLP entregado en COPERT III.

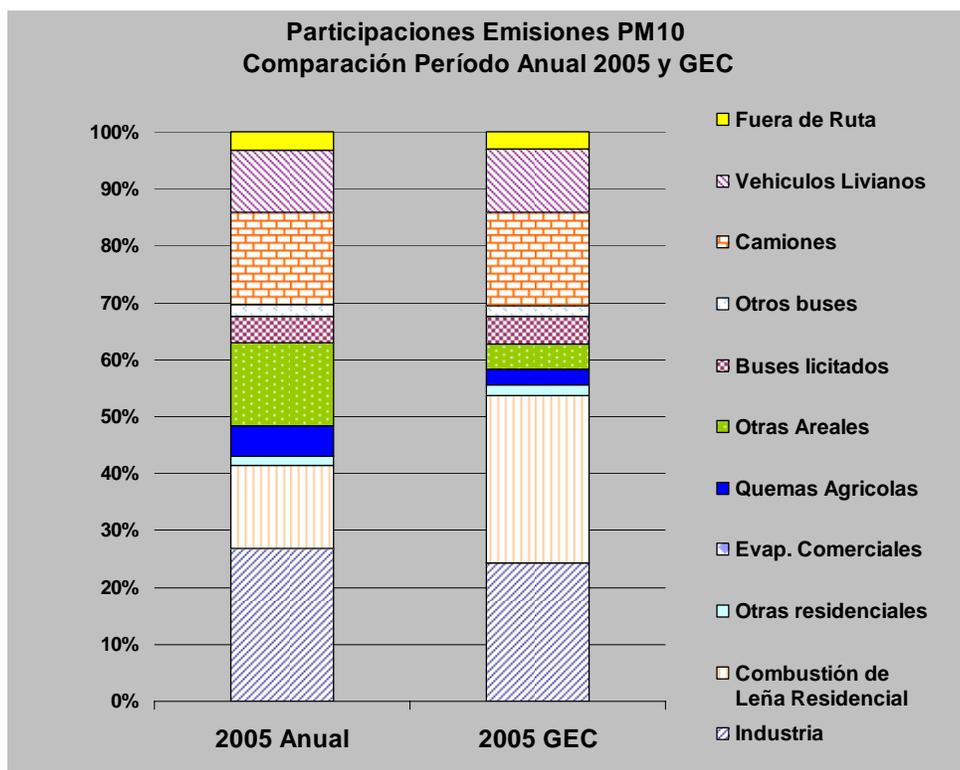


Figura 36: Participación de Emisiones de MP 10 por categoría de fuentes, período anual y GEC, 2005.

Tabla 167: INVENTARIO DE EMISIONES GEC RESUMEN POLVO FUGITIVO, 2005, RM.

| INVENTARIO DE EMISIONES GEC, ESCENARIO 2005 REAL, REGIÓN METROPOLITANA | | | |
|--|----------------|---------------|---------------|
| FUENTES GENERADORAS DE POLVO FUGITIVO | | | |
| Categoría de Fuente | PTS ton/año | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año |
| Construcción de Edificios | 968,2 | 474,5 | 19,4 |
| Construcción de Caminos | 28,5 | 18,5 | 0,4 |
| Producción de Áridos | 444,6 | 158,7 | N/E |
| Total Construcción y Demolióón | 1441,3 | 651,7 | 19,8 |
| Calles Pavimentadas | 37704,0 | 7280,3 | 1036,9 |
| Calles Sin Pavimentar | 2243,8 | 656,4 | 98,2 |
| Total Polvo Resuspendido | 39947,7 | 7936,7 | 1135,0 |
| Cereales y Chacras | 77,6 | 56,7 | 23,3 |
| Cultivos Industriales | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| Hortalizas | 108,7 | 79,3 | 32,6 |
| Frutales | 18,3 | 13,3 | 5,5 |
| Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 204,7 | 149,4 | 61,4 |
| TOTAL POLVO FUGITIVO | 41593,8 | 8737,8 | 1216,2 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

7.3 INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 ANUAL

Este inventario considera como implementadas la totalidad de las medidas incluidas en el cronograma del PPDA al 2005, entre ellas se supone implementado el sistema de transporte público Transantiago el año 2005 y el cumplimiento de la totalidad de las medidas de fuentes fijas que debieran haber estado cumplidas ese año.

La siguiente Tabla y figura proporcionan los totales de emisiones y las contribuciones porcentuales de las distintas categorías de fuentes emisoras, para este Escenario, respectivamente.

Tabla 168: INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL RESUMEN, ESCENARIO 2005 DISEÑO PPDA, REGIÓN METROPOLITANA

| INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2005 DISEÑO PPDA, REGIÓN METROPOLITANA | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES | | | | | | | |
| Categoría de Fuente | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año | CO ton/año | NOx ton/año | COV ton/año | SOx ton/año | NH3 ton/año |
| Industria | 1266,9 | 994,0 | 7744,5 | 12332,1 | 7541,6 | 10484,1 | 217,4 |
| Combustión de Leña Residencial | 693,1 | 673,6 | 8235,0 | 84,8 | 7465,6 | 11,8 | 71,0 |
| Otras residenciales | 78,9 | 69,6 | 338,3 | 1160,9 | 41241,6 | 294,2 | 3800,4 |
| Comerciales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7910,6 | 0,0 | 0,0 |
| Quemas Agrícola | 246,5 | 234,7 | 2139,2 | 101,6 | 171,4 | 11,7 | 11,5 |
| Otras Areales | 651,5 | 465,8 | 5249,0 | 135,9 | 18608,7 | 0,0 | 27724,9 |
| Total Estacionarias | 2937,1 | 2437,7 | 23706,0 | 13815,2 | 82939,6 | 10801,7 | 31825,2 |
| Buses licitados | 97,7 | 84,5 | 864,7 | 2825,6 | 526,1 | 15,4 | 1,3 |
| Otros buses | 94,5 | 81,8 | 513,0 | 2498,3 | 234,2 | 9,1 | 1,2 |
| Camiones | 755,4 | 663,7 | 3476,8 | 11078,8 | 2173,7 | 43,2 | 6,4 |
| Veh Livianos cat* | 187,8 | 0,0 | 58091,6 | 4797,2 | 4227,7 | 50,2 | 991,0 |
| Veh Livianos no cat* | 39,6 | 0,0 | 139986,0 | 11377,2 | 11248,9 | 11,6 | 6,0 |
| Veh Livianos diesel | 278,3 | 245,0 | 1053,8 | 890,0 | 143,5 | 6,9 | 0,9 |
| Veh Livianos gas* | 1,7 | 0,0 | 654,1 | 46,3 | 40,4 | 0,0 | NE |
| Motos* | 1,8 | 0,0 | 3881,7 | 24,1 | 692,7 | 0,4 | 0,3 |
| Fuera de ruta | 154,5 | 142,0 | 2215,2 | 973,3 | 320,3 | 45,5 | 31,6 |
| Total Móviles | 1611,3 | 1217,0 | 210737,1 | 34510,8 | 19607,6 | 182,3 | 1038,7 |
| TOTAL MOVILES Y ESTACIONARIAS | 4548,3 | 3654,7 | 234443,0 | 48326,0 | 102547,2 | 10984,0 | 32863,9 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

Notas:

NE = No Estimado

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

* Las emisiones de PM10 corresponden a emisiones de desgaste de frenos y neumáticos, no a combustión.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

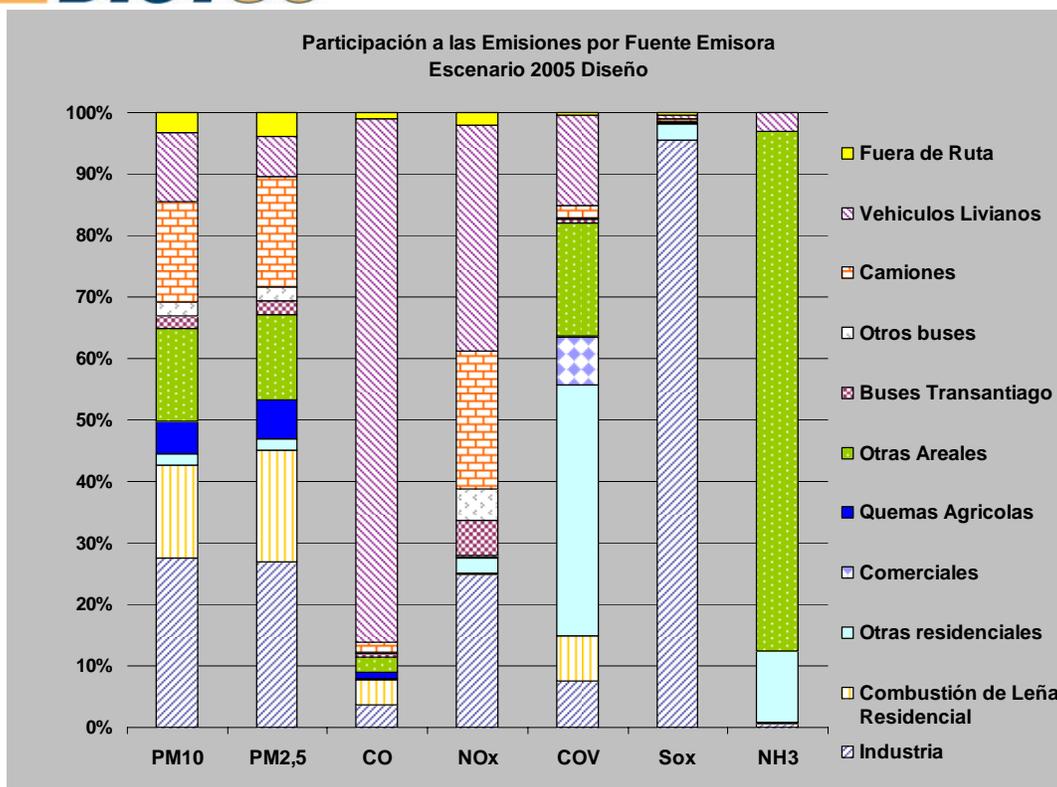


Figura 37: participación emisiones por categoría de fuentes, año 2005 Diseño PPDA, RM

Tabla 169: INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL RESUMEN POLVO FUGITIVO, 2005.

| INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2005 DISEÑO PPDA, REGIÓN METROPOLITANA | | | |
|--|--------------------|---------------------|----------------------|
| FUENTES GENERADORAS DE POLVO FUGITIVO | | | |
| Categoría de Fuente | PTS ton/año | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año |
| Construcción de Edificios | 2362,5 | 1157,8 | 47,2 |
| Construcción de Caminos | 85,6 | 55,5 | 1,3 |
| Producción de Áridos | 1067,0 | 380,9 | N/E |
| Total Construcción y Demolióón | 3515,0 | 1594,2 | 48,5 |
| Calles Pavimentadas | 73272,6 | 14148,2 | 2015,0 |
| Calles Sin Pavimentar | 16861,1 | 4608,4 | 681,2 |
| Total Polvo Resuspendido | 90133,7 | 18756,6 | 2696,2 |
| Cereales y Chacras | 116,4 | 85,0 | 34,9 |
| Cultivos Industriales | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Hortalizas | 163,0 | 119,0 | 48,9 |
| Frutales | 27,4 | 20,0 | 8,2 |
| Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 307,1 | 224,2 | 92,0 |
| TOTAL POLVO FUGITIVO | 93955,9 | 20575,0 | 2836,8 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

7.4 INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 PARA GEC

Este inventario corresponde al escenario de diseño del PPDA considerando sólo los meses de gestión de episodios críticos (GEC) correspondiente a los meses de abril a agosto.

La siguiente Tabla y figura proporcionan los totales de emisiones y las contribuciones porcentuales de las distintas categorías de fuentes emisoras, para este Escenario, respectivamente.

Tabla 170: INVENTARIO DE EMISIONES GEC RESUMEN, ESCENARIO 2005 DISEÑO DEL PPDA, REGIÓN METROPOLITANA (PERÍODO ABRIL – AGOSTO)

| INVENTARIO DE EMISIONES CORRESPONDIENTE AL ESCENARIO 2005 DISEÑO PPDA, REGIÓN METROPOLITANA (PERIODO ABRIL-AGOSTO) | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES | | | | | | | |
| Categoría de Fuente | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año | CO ton/año | NOx ton/año | COV ton/año | SOx ton/año | NH3 ton/año |
| Industria | 549,6 | 435,9 | 3317,0 | 5611,7 | 3328,7 | 4201,4 | 88,8 |
| Combustión de Leña Residencial | 668,0 | 649,1 | 7936,3 | 81,7 | 7194,8 | 11,3 | 68,4 |
| Otras residenciales | 43,4 | 36,6 | 185,8 | 642,1 | 14082,1 | 215,6 | 1776,6 |
| Comerciales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2555,7 | 0,0 | 0,0 |
| Quemas Agrícola | 58,65 | 55,85 | 508,91 | 24,16 | 40,78 | 2,79 | 2,75 |
| Otras Areales | 83,2 | 17,6 | 1057,2 | 26,3 | 4299,2 | 0,0 | 12809,6 |
| Total Estacionarias | 1402,8 | 1195,0 | 13005,2 | 6386,0 | 31501,3 | 4431,1 | 14746,1 |
| Buses licitados | 48,9 | 42,2 | 432,4 | 1412,8 | 263,0 | 7,7 | 0,7 |
| Otros buses | 41,8 | 36,2 | 227,9 | 1094,7 | 117,1 | 4,6 | 0,6 |
| Camiones | 368,8 | 324,3 | 1696,4 | 5366,0 | 1086,8 | 21,6 | 3,2 |
| Veh Livianos cat* | 91,5 | 0,0 | 28113,2 | 2274,5 | 1958,7 | 25,1 | 495,5 |
| Veh Livianos no cat* | 19,2 | 0,0 | 67374,8 | 5576,6 | 5482,0 | 5,8 | 3,0 |
| Veh Livianos diesel | 137,4 | 121,0 | 518,5 | 438,8 | 71,7 | 3,5 | 0,5 |
| Veh Livianos gas* | 0,9 | 0,0 | 309,6 | 23,0 | 20,0 | 0,0 | 0,0 |
| Motos* | 0,9 | 0,0 | 1940,8 | 12,1 | 346,3 | 0,2 | 0,2 |
| Fuera de ruta | 67,4 | 62,0 | 931,4 | 367,8 | 134,0 | 18,6 | 12,9 |
| Total Móviles | 776,7 | 585,7 | 101544,9 | 16566,2 | 9479,8 | 87,0 | 516,5 |
| TOTAL MOVILES Y ESTACIONARIAS | 2179,5 | 1780,7 | 114550,1 | 22952,2 | 40981,1 | 4518,1 | 15262,6 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

Notas:

NE = No Estimado

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

* Las emisiones de PM10 corresponden a emisiones de desgaste de frenos y neumáticos, no a combustión.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

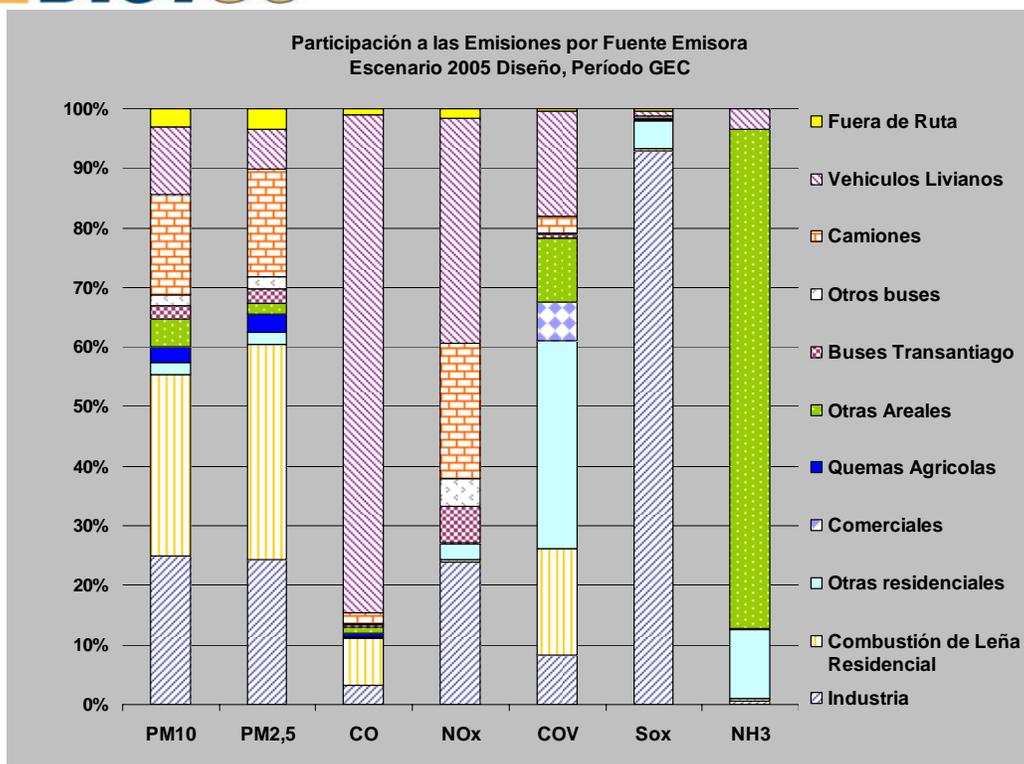


Figura 38: Participación emisiones por categoría de fuentes, año 2005 esc. Diseño, GEC, RM.

Tabla 171: INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL RESUMEN POLVO FUGITIVO, ESCENARIO 2005, (PERÍODO ABRIL – AGOSTO), REGIÓN METROPOLITANA

| INVENTARIO DE EMISIONES GEC, ESCENARIO 2005 DISEÑO PPDA, REGIÓN METROPOLITANA | | | |
|---|----------------|---------------|---------------|
| FUENTES GENERADORAS DE POLVO FUGITIVO | | | |
| Categoría de Fuente | PTS ton/año | PM10 ton/año | PM2,5 ton/año |
| Construcción de Edificios | 968,2 | 474,5 | 19,4 |
| Construcción de Caminos | 28,5 | 18,5 | 0,4 |
| Producción de Áridos | 444,6 | 158,7 | N/E |
| Total Construcción y Demolición | 1441,3 | 651,7 | 19,8 |
| Calles Pavimentadas | 36636,3 | 7074,1 | 1007,5 |
| Calles Sin Pavimentar | 2243,8 | 656,4 | 98,2 |
| Total Polvo Resuspendido | 38880,1 | 7730,5 | 1105,7 |
| Cereales y Chacras | 77,6 | 56,7 | 23,3 |
| Cultivos Industriales | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| Hortalizas | 108,7 | 79,3 | 32,6 |
| Frutales | 18,3 | 13,3 | 5,5 |
| Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 204,7 | 149,4 | 61,4 |
| TOTAL POLVO FUGITIVO | 40526,1 | 8531,7 | 1186,8 |

Fuente: CONAMA-DICTUC S.A. (2006)

7.5 COMPARACION DE RESULTADOS

7.5.1 Comparación de los Inventarios 2005 y de Diseño para fuentes fijas

Al comparar los resultados de las emisiones entre el Inventario 2005 y el Inventario de Diseño del PPDA, es posible observar que las fuentes fijas sólo experimentan cambios en las emisiones de SOx. Esto se debe a que a partir de la base de datos 2005 proporcionada por la Autoridad Sanitaria fue posible concluir que, en el caso de uso de petróleos pesados y carbón, las fuentes cuyas emisiones dependen exclusivamente del consumo de combustible no cumplen la norma de 30 nanogramos de SO₂ por joule (ng SO₂/J) establecida en el PPDA, artículo 35.

Lo anterior significa que para el Inventario de Diseño se asume el cumplimiento de la norma, sustituyendo los valores de las emisiones (estimadas mediante el uso de factores de emisión o bien obtenidos con mediciones directas) por los valores de la norma que considera el valor límite en el cumplimiento de la medida. Y por esto aparecen mayores las emisiones industriales de SOx en el Inventario 2005 que en el de Diseño.

Para el CO las emisiones (estimadas o medidas según la disponibilidad de información) fueron comparadas con la norma del PPDA (artículo 31) que establece una concentración de 100 ppm en volumen base seca, corregida al 3% de oxígeno como concentración máxima. En la totalidad de los casos las fuentes cuyas emisiones dependían exclusivamente del combustible utilizado cumplían la norma, y por tanto el inventario de CO para fuentes fijas es igual en los inventarios 2005 y de Diseño 2005, ya que la medida se ha implementado en un 100%.

Para el cumplimiento de las emisiones diarias iniciales (EDIs) asignadas a las calderas puntuales reguladas bajo el sistema de compensación de emisiones, el valor de las EDIs asignadas por la Autoridad Sanitaria al 2005 corresponde a 1.225 kg/día. Por otra parte, el total de Emisiones diarias declaradas (EDD) el 2005 (sin considerar fuentes dadas de baja, desmanteladas e inactivas) suma 1.090 kg/día. Esto implica que al 2005 las emisiones de las calderas puntuales son inferiores a las emisiones congeladas (total de emisiones asignadas a las calderas) y, por tanto, las emisiones de MP no presentan variación entre el inventario 2005 y el de Diseño 2005, considerando que las emisiones se encontraban por debajo del techo establecido.

7.5.2 Comparación de los Inventarios 2005 y de Diseño para fuentes móviles.

Con respecto a las emisiones de fuentes móviles en ruta, la principal diferencia está dada por el atraso en la implementación de Transantiago; luego en el caso del Escenario 2005, se consideran los recorridos existentes a esa fecha y establecidos por la licitación de recorridos del sistema de transporte anterior a Transantiago, y con una composición de la flota de buses licitados delimitada por la antigüedad de la flota establecidas en esas mismas bases. Para el Inventario de Diseño 2005 fueron consideradas las flotas exigidas para cada

una de las Unidades de Negocios en las Bases de Licitación de Transantiago, y considerando la totalidad de los cambios operacionales de Transantiago (nuevas rutas en troncales y alimentadores y regulación de frecuencias) Para ambos escenarios de transporte se contó con modelaciones de transporte del Modelo Etraus de SECTRA.

Al comparar los inventarios se observa que para los buses licitados las emisiones se reducen significativamente en la situación con Transantiago (Escenario de Diseño) en régimen versus la situación del Inventario 2005. Esto se debe a la incorporación de más buses Euro III a la flota, al retiro de los buses Euro I, a la incorporación de filtros de partículas a los buses Euro II y al cambio operacional de Transantiago. De ahí que las emisiones de MP_{10} y de $MP_{2.5}$ se reducen en el Escenario de Diseño con respecto al Escenario 2005. Para las otras categorías de vehículos no hay cambios significativos en emisiones, puesto que la entrada en régimen de Transantiago no cambia mucho la situación agregada de las otras categorías de vehículos.

7.5.3 Análisis del Inventario 2005 de fuentes areales

En primer lugar hay que aclarar que para el caso de estas fuentes, no existe diferencia entre el Escenario 2005 y el Escenario de Diseño del PPDA. Luego solo se compara los Escenarios 2005 con los antecedentes del Inventario 2000.

En términos generales se observa un aumento relativo de la participación de las fuentes areales en el inventario total (con respecto a la situación del año 2000), causado principalmente por las emisiones asociadas a la quema de leña, cuyo aumento se debe al crecimiento de estufas a leña en la Región y a la mejora en la metodología de cálculo. En efecto, nuevos estudios realizados por CONAMA⁴⁷ concluyen que los factores de emisión nacionales utilizados con anterioridad en la R.M. subestimaban las emisiones al compararse con estudios internacionales. Por otra parte, en el presente inventario se ha contado con mejor información relativa al consumo de leña en la región, de lo cual también ha sido posible concluir que en inventarios anteriores este consumo se encontraba subestimado.

7.5.4 Crecimiento de las emisiones de fuentes fijas en periodo 2000-2005

Con respecto al sector industrial, se observa que el consumo energético se duplicó entre los años 2000 y 2005, de acuerdo a la base de datos de los años 2000 y 2005 entregadas por la Autoridad Sanitaria de la Región Metropolitana. Hay aumentos claros del consumo de gas natural, petróleo diesel y GLP + Gas de cañería durante el período, así como un aumento en

⁴⁷ Entre estos estudios se encuentran los estudios: “Actualización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana” CONAMA - DICTUC S.A., 2005; el estudio: “Diseño y evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA”, CONAMA - Gamma, 2006, y el estudio: *Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile*. Thomas Nussbaumer. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006. (Medición de emisiones de estufa chilena en Suiza).

el consumo de petróleos pesados (principalmente petróleo 5), producto de los recortes en el suministro de gas natural importado.

De acuerdo a la Autoridad Sanitaria, ese efecto de sustitución de combustibles no es muy notorio durante el año 2005, debido a que las fuentes que pueden funcionar con más de un combustible, en general efectúan las mediciones con el combustible más limpio, valor que es reportado en la base de datos recién señalada.

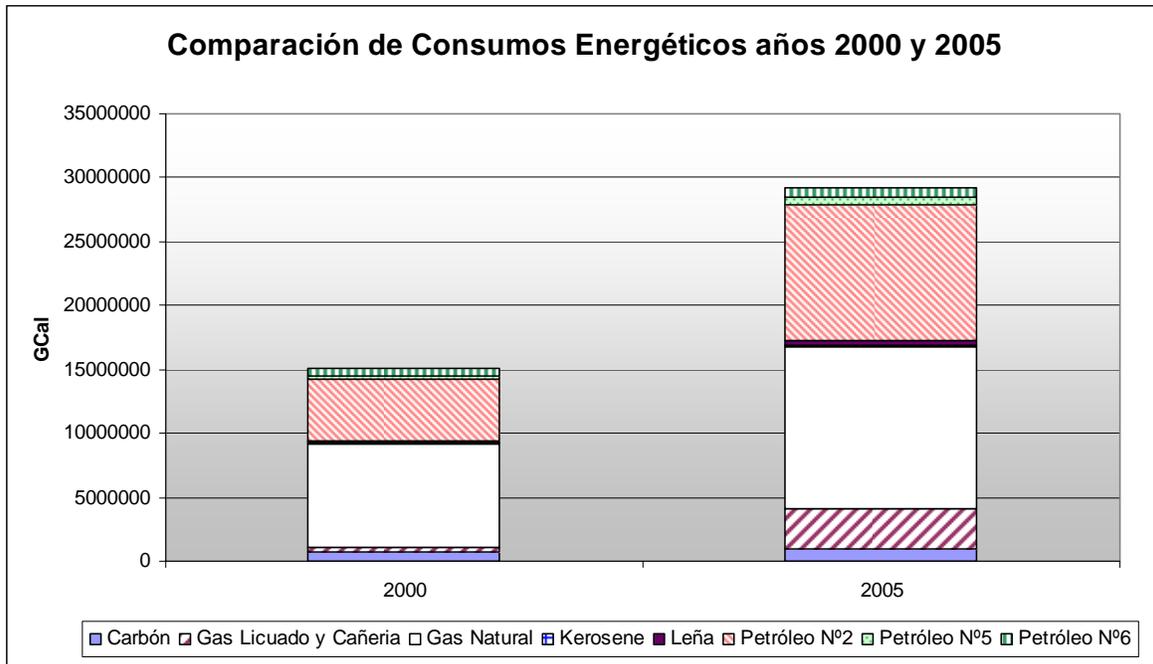


Figura 39: Comparación de consumo energético año 2000 y 2005 calculado a partir de información de la base de datos de mediciones de material particulado de la Autoridad Sanitaria a plena carga de las fuentes⁴⁸

7.5.5 Comparación escenario 2005 anual y escenario 2005 de gestión de episodios críticos (GEC).

Al separar los inventarios 2005 para el período de gestión de episodios críticos se observa que el aporte relativo de la leña a las emisiones aumenta para MP₁₀ y MP_{2.5}; esto se debe a la estacionalidad en el consumo de leña durante el invierno. El aporte de las emisiones de combustión de leña sube de 14,8 en el escenario 2005 anual a 29,7 en el escenario 2005 GEC, para MP₁₀.

Para el escenario 2005 de Diseño del PPDA el aporte de las emisiones de combustión de leña sube de 15,2 en el escenario 2005 anual a 30,6 en el escenario 2005 GEC, para MP₁₀.

⁴⁸ La medición a plena carga de la fuente implica que en general estos consumos de combustibles estarán sobre estimados si se comparan a las condiciones reales de funcionamiento de las fuentes

También se aprecia estacionalidad durante el período estival en importantes fuentes de combustión como son a) las quemas agrícolas autorizadas y b) los incendios forestales, siendo ambas las componentes principales del grupo “otras fuentes areales”, en lo que respecta a emisiones de MP_{10} . Se debe señalar que para las fuentes fijas y móviles no se observa una estacionalidad tan marcada entre los distintos períodos del año, debido al nivel de actividad que está subyacente en dichas emisiones.

8 ANEXO I. LISTADO DETALLADO DE LOS INVENTARIOS 2005 Y 2005 DE DISEÑO.

8.1 INVENTARIO 2005 ANUAL

Tabla 172. EMISIONES DE FUENTES FIJAS ESCENARIO 2005, BASE ANUAL (ton/año).

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA | RUBRO | PTS | MP10 | MP 2,5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 |
|---------------------------------|----------------------------|--|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] |
| Combustión | Combustión externa puntual | Generación eléctrica | 146,66 | 132,69 | 119,03 | 161,22 | 642,57 | 11,40 | 191,85 | 32,09 |
| | | Calderas industriales | 236,57 | 193,46 | 154,32 | 1634,17 | 4065,00 | 1201,96 | 3062,13 | 100,16 |
| | | Calderas de calefacción | 162,87 | 147,12 | 130,86 | 1466,55 | 2506,91 | 1788,85 | 545,05 | 31,71 |
| | | Incineración de residuos | 2,54 | 0,96 | 0,66 | 0,59 | 3,45 | 11,80 | 0,00 | 0,05 |
| | | Sub-Total Comb. Externa Puntual | 548,64 | 474,24 | 404,87 | 3262,53 | 7217,93 | 3014,00 | 3799,03 | 164,01 |
| | Combustión interna | Grupos electrógenos | 59,52 | 51,19 | 44,04 | 169,32 | 777,20 | 61,60 | 10,28 | 0,00 |
| | | Industria de artes gráficas (procesos de secado) | 8,69 | 8,34 | 7,82 | 3,06 | 3,64 | 5,55 | 0,90 | 0,00 |
| | | Sub-Total Comb. Interna | 68,21 | 59,53 | 51,87 | 172,39 | 780,84 | 67,15 | 11,19 | 0,00 |
| | Procesos | Ind. metalúrgica secundaria | Molibdeno | 5,45 | 5,40 | 4,58 | 203,78 | 16,07 | 4,00 | 6504,29 |
| Productos de hierro y acero | | | 178,71 | 152,20 | 139,74 | 104,09 | 49,58 | 21,35 | 281,97 | 4,25 |
| Productos de cobre y bronce | | | 46,36 | 26,44 | 18,79 | 8,04 | 5,60 | 1,56 | 1,82 | 0,12 |
| Productos de zinc | | | 2,98 | 1,89 | 1,41 | 2,10 | 2,50 | 0,14 | 0,31 | 0,00 |
| Productos de aluminio | | | 9,09 | 6,91 | 6,00 | 3,89 | 4,25 | 0,27 | 2,89 | 0,38 |
| Productos de plomo | | | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,16 | 0,90 | 3,11 | 0,00 | 0,02 |
| Tratamiento de superficies | | | 22,33 | 18,98 | 6,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sub-Total Ind. Met. Sec. | | | 264,95 | 211,84 | 177,23 | 322,06 | 78,90 | 30,43 | 6791,28 | 4,77 |
| Ind. de productos minerales | | Producción de cemento | 67,28 | 36,67 | 22,20 | 397,21 | 2120,76 | 34,63 | 88,58 | 6,01 |
| | | Producción de cal | 11,68 | 6,37 | 3,86 | 87,98 | 246,25 | 0,00 | 11,66 | 0,00 |
| | | Producción de yeso | 90,52 | 54,03 | 27,56 | 13,08 | 38,77 | 0,87 | 20,87 | 0,90 |
| | | Producción de vidrio y fritas | 23,00 | 21,31 | 20,16 | 36,20 | 1257,41 | 37,40 | 1078,17 | 0,00 |
| | | Producción de ladrillos | 69,49 | 37,87 | 22,93 | 449,71 | 76,61 | 2,44 | 710,31 | 17,85 |
| | | Fabricación de productos cerámicos | 37,50 | 20,47 | 12,42 | 239,43 | 65,01 | 39,91 | 10,96 | 0,03 |
| | | Fabricación de mezclas de asfalto | 14,36 | 13,39 | 12,16 | 533,80 | 14,17 | 4,28 | 1,07 | 0,07 |
| | | Manejo de áridos | 28,77 | 16,08 | 10,03 | 2,29 | 2,71 | 0,15 | 0,34 | 0,00 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|---|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | Productos de asbesto | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Prod. Min. | 342,59 | 206,19 | 131,32 | 1759,69 | 3821,69 | 119,67 | 1921,96 | 24,86 |
| | Industria química | Industria química | 22,07 | 11,42 | 6,66 | 18,15 | 24,89 | 24,00 | 103,41 | 0,33 |
| | | Fabricación de neumáticos | 4,37 | 2,51 | 1,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Química | 26,44 | 13,92 | 8,44 | 18,15 | 24,89 | 24,00 | 103,41 | 0,33 |
| | Ind. madera y el papel | Fabricación y reciclaje de papel | 26,40 | 16,05 | 12,83 | 12,26 | 14,52 | 0,81 | 1,81 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Mad y Papel | 26,40 | 16,05 | 12,83 | 12,26 | 14,52 | 0,81 | 1,81 | 0,00 |
| | Ind. aliment. y agropecuaria | Procesamiento de granos | 36,17 | 17,73 | 5,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Panaderías | 37,66 | 33,37 | 29,41 | 177,88 | 239,67 | 585,68 | 116,79 | 21,28 |
| | | Fabricación de alimentos | 36,06 | 27,22 | 20,49 | 24,11 | 37,23 | 35,63 | 4,54 | 0,41 |
| | | Sub-Total Ind. Alim. y Agropec. | 109,89 | 78,31 | 54,97 | 201,99 | 276,90 | 621,31 | 121,33 | 21,69 |
| Evaporativas | Evaporativas puntuales | Recubrimiento ind. de superficies | 223,19 | 111,29 | 72,59 | 19,39 | 48,04 | 3564,48 | 7,91 | 1,32 |
| | | Producción y envasado de GLP* | | | | | | | | |
| | | Industria de artes gráficas | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| | | Estampado y teñido de telas | 12,66 | 5,95 | 3,67 | 2,64 | 3,12 | 1,21 | 0,38 | 0,00 |
| | | Sub-Total Evaporativas Puntuales | 235,84 | 117,24 | 76,26 | 22,03 | 51,16 | 3565,69 | 8,29 | 1,32 |
| Miscelaneas | Miscelaneas | Miscelanas | 112,67 | 89,60 | 76,23 | 1973,36 | 65,28 | 98,51 | 70,98 | 0,43 |
| | | Sub-Total miscelaneas | 112,67 | 89,60 | 76,23 | 1973,36 | 65,28 | 98,51 | 70,98 | 0,43 |
| TOTAL PUNTUALES | | | 1735,64 | 1266,92 | 994,01 | 7744,46 | 12332,11 | 7541,58 | 12829,26 | 217,41 |

**Esta fuente en el Inventario 2000 se consideraba como Fugas de GLP, sin embargo en el presente inventario se le asigna la emisión a cada una de las fuentes específicas.

Tabla 173. EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS FUENTES, ESCENARIO 2005, BASE ANUAL (Ton/Año).

| FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS (Ton/Año) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Grp | Cat | Sub-cat | RUBRO | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 | | |
| AREALES | Residencial | Comb. ext. residencial | Gas Licuado | 18,00 | 18,00 | 118,87 | 585,26 | 46,91 | 0,79 | 1,15 | | |
| | | | Gas de Ciudad | 5,81 | 5,81 | 20,34 | 47,67 | 5,72 | 0,32 | 0,08 | | |
| | | | Gas Natural | 42,91 | 42,91 | 150,24 | 352,14 | 42,26 | 2,35 | 1957,64 | | |
| | | | Kerosene | 12,21 | 2,93 | 48,83 | 175,78 | 24,35 | 290,70 | 6,16 | | |
| | | | Leña | 693,13 | 673,58 | 8235,01 | 84,76 | 7465,63 | 11,75 | 70,95 | | |
| | | | Sub-Total Com. Ext. Residencial | 772,06 | 743,23 | 8573,29 | 1245,61 | 7584,87 | 305,91 | 2035,98 | | |
| | | Evaporativas residencial | Solventes de uso domestico | | | | | | | 1680,98 | | |
| | | | Pintado arquitectónico | | | | | | | 8179,24 | | |
| | | | Uso de Adhesivos | | | | | | | 20263,21* | | |
| | | | Residencial de NH3 | | | | | | | | | 1835,33 |
| | | | Fugas residenciales de GLP | | | | | | | 10998,97 | | |
| | | | Sub-Total Evap. Residencial | | | | | | | 41122,40 | | 1835,33 |
| | | Comercial | Evaporativas comercial | Distribución de combustible | | | | | | 1162,14 | | |
| | | | | Lavasecos | | | | | | 320,55 | | |
| | | | | Pintado de vehículos | | | | | | 750,00 | | |
| | Recubrimiento industrial de superficies | | | | | | | | 1320,50 | | | |
| | Aplicación de asfalto | | | | | | | | 4357,42 | | | |
| | Fugas comerciales de GLP | | | | | | | | | 0,00 | | |
| | Sub-Total Evap. Comercial | | | | | | | | 7910,61 | | 0,00 | |
| | Rest. y comida rápida | Restoranes | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| | | Asadurías | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| | | Sub-Total Rest. Comid. rápida | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| | Otras | Disposición de residuos | Emisiones rellenos sanitarios | | 2,43 | | 108,09 | 5,86 | | | | |
| | | | Quema abierta de basura | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| | | | Plantas de tratamiento de aguas servidas | | | | | | | | 1408,20 | |
| | | | Sub-Total Disp. Residuos | | 2,43 | 0,00 | 108,09 | 5,86 | 0,00 | 0,00 | 1408,20 | |
| | | Quemas | Quemas agrícolas | | 246,54 | 234,75 | 2139,19 | 101,55 | 171,40 | 11,73 | 11,54 | |
| Incendios forestales | | | | 429,09 | 429,09 | 2313,21 | 63,43 | 267,31 | | 7,00 | | |
| Incendios urbanos | | | | 182,68 | N/E | 2827,71 | 66,60 | 234,06 | | 36,29 | | |
| Cigarrillos | | | | 36,67 | 36,67 | | | | | 23,84 | | |
| Producción de ladrillos artesanales | | | 0,67 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | |
| Sub-Total Quemas | | 895,65 | 700,51 | 7280,11 | 231,58 | 672,77 | 11,73 | 78,67 | | | | |

* Corresponde a emisiones residenciales y comerciales. Se recomienda modificar metodología de estimación de emisiones en inventarios posteriores.

Tabla 174. EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS FUENTES, ESCENARIO 2005, BASE ANUAL (Ton/Año)
(Continuación)

| FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS (Ton/Año) | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-----------------------|--|------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Grp | Cat | Sub-cat | RUBRO | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 | | |
| AREALES | Otras | Emisiones biogénicas | Todas las especies vegetales | | | | | 18030,02 | | | | |
| | | | Sub-Total Biogénicas | | | | | 18030,02 | | | | |
| | | Actividades agrícolas | Fertilizantes y plaguicidas | | | | | 77,35 | | | | |
| | | | Sub-Total Actividades Agrícolas | | | | | 77,35 | | | | |
| | | Crianza de Animales | Bovinos Total | | | | | | | | 8341,60 | |
| | | | Cerdos Total | | | | | | | | 9759,34 | |
| | | | Aves Total | | | | | | | | 7868,00 | |
| | | | Ovinos | | | | | | | | 40,47 | |
| | | | Caprimos | | | | | | | | 24,55 | |
| | | | Camelidos | | | | | | | | 5,59 | |
| | | | Equinos | | | | | | | | 210,02 | |
| | | | Sub-Total Crianza de Animales | | | | | | | | 26249,57 | |
| | | TOTAL AREALES | | | | 1670,13 | 1443,74 | 15961,49 | 1483,05 | 75398,02 | 317,64 | 31607,75 |

Las celdas en blanco implican valore de emisión igual a cero.

NE= No Estimado.

Tabla 175. EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO ESCENARIO 2005 (Ton/Año).

| POLVO RESUSPENDIDO (Ton/Año) | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| SUB-GRUPO | Categoría | Sub categoría | PTS | MP10 | MP2.5 |
| POLVO RESUSPENDIDO | Construcción y Demolición | Construcción de edificios | 2362,45 | 1157,79 | 47,25 |
| | | Construcción de caminos | 85,63 | 55,53 | 1,27 |
| | | Producción de áridos | 1066,95 | 380,90 | 55,48 |
| | | Sub-Total Construcción y Demolición | 3515,03 | 1594,22 | 104,00 |
| | Polvo Resuspendido | Calles pavimentadas con PAC | 75407,92 | 14560,52 | 2073,72 |
| | | Calles sin pavimentar | 5813,40 | 1700,70 | 254,40 |
| | | Calles sin pavimentar asociadas a áridos | 10269,14 | 2668,95 | 390,23 |
| | | Calles sin pavimentar asociadas a rellenos sanitarios | 778,59 | 238,74 | 36,59 |
| | | Sub-Total Polvo Resuspendido | 92269,05 | 19168,91 | 2754,94 |
| | Preparación de terrenos agrícolas | Cereales y chacras | 116,44 | 85,00 | 34,92 |
| | | Cultivos Industriales | 0,23 | 0,17 | 0,06 |
| | | Hortalizas | 163,01 | 119,00 | 48,86 |
| | | Frutales | 27,40 | 20,00 | 8,20 |
| | | Sub-Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 307,08 | 224,17 | 92,04 |
| | TOTAL POLVO FUGITIVO | | | 96091,16 | 20987,30 |

Tabla 176. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA ESCENARIO 2005 (Ton/Año).

| FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|--|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | Categoría | Sub categoría | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 |
| FUERA DE RUTA | Aeropuertos | Maquinarias y aeronaves en aeropuerto | 2,84 | 2,54 | 1944,36 | 546,66 | 270,47 | 45,49 | 31,57 |
| | | Sub-Total Aeropuertos | 2,84 | 2,54 | 1944,36 | 546,66 | 270,47 | 45,49 | 31,57 |
| | Terminales y depósitos de buses | Terminales y depósitos de buses | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E |
| | | Sub-Total Terminales | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E |
| | Maquinaria vehicular | Maquinaria agrícola | 39,08 | 35,96 | 203,78 | 216,18 | 35,05 | NE | NE |
| | | Maquinaria dentro de plantas de áridos | 96,40 | 88,69 | NE | NE | NE | NE | NE |
| | | Camiones dentro de plantas de áridos | 0,48 | 0,44 | 1,78 | 8,03 | 1,03 | 0,02 | 0,00 |
| | | Maquinaria de construcción | 14,34 | 13,19 | 59,92 | 182,21 | 12,75 | N/E | N/E |
| | | Maquinaria dentro de rellenos sanitarios | 0,83 | 0,77 | 3,58 | 12,10 | 0,72 | NE | NE |
| | | Camiones dentro de rellenos sanitarios | 0,49 | 0,45 | 1,83 | 8,08 | 0,28 | 0,02 | 0,00 |
| | | Sub-Total Maquinaria Vehicular | 151,63 | 139,50 | 270,89 | 426,60 | 49,83 | 0,04 | 0,00 |
| | | TOTAL MÓVILES FUERA DE RUTA | 154,47 | 142,03 | 2215,25 | 973,25 | 320,29 | 45,53 | 31,57 |

NE= No Estimado.

Tabla 177. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 (Ton/año).

| Categoría | Sub categoría | PM10 | | | PM2,5 | CO | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------|-------------|----------|----------|
| | | PM10 TE | PM10 DF | PM10 DN | | CO (Total)* | CO (TE) | CO (BFC) |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 65,27 | 40,14 | 0,00 | 19652,73 | 15714,68 | 3938,05 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 0,00 | 15,58 | 9,58 | 0,00 | 85952,37 | 70115,07 | 15837,30 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 0,00 | 9,80 | 6,03 | 0,00 | 3075,31 | 2758,48 | 316,83 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 0,00 | 0,30 | 0,19 | 0,00 | 1394,10 | 1262,85 | 131,25 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,25 | 0,15 | 0,00 | 99,41 | 59,91 | 39,50 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 0,00 | 20,64 | 12,70 | 0,00 | 28380,01 | 23547,07 | 4832,93 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,00 | 5,01 | 3,08 | 0,00 | 33918,30 | 31139,57 | 2778,73 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 214,78 | 5,53 | 3,40 | 197,60 | 832,33 | 832,33 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,18 | 0,11 | 0,00 | 311,32 | 187,57 | 123,75 |
| | Buses particulares | 17,52 | 0,46 | 0,28 | 16,12 | 103,22 | 103,22 | 0,00 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 0,15 | 0,09 | 0,00 | 199,96 | 165,90 | 34,05 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 0,00 | 0,08 | 0,05 | 0,00 | 514,25 | 472,12 | 42,13 |
| Camiones Livianos | Vehículos Escolares a Diesel | 39,31 | 1,01 | 0,62 | 36,16 | 152,33 | 152,33 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Convencional | 39,83 | 1,18 | 1,09 | 36,65 | 391,88 | 391,88 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 37,70 | 1,73 | 1,59 | 34,68 | 285,30 | 285,30 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 22,87 | 1,70 | 1,57 | 21,04 | 224,94 | 224,94 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 128,22 | 1,76 | 1,63 | 117,96 | 586,35 | 586,35 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 75,14 | 1,59 | 1,47 | 69,13 | 264,31 | 264,31 | 0,00 |
| Motos | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 42,36 | 1,46 | 1,34 | 38,97 | 193,72 | 193,72 | 0,00 |
| | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,00 | 0,49 | 0,15 | 0,00 | 1416,27 | 1416,27 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,00 | 0,91 | 0,28 | 0,00 | 2555,16 | 2555,16 | 0,00 |
| | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 0,00 | 6,68 | 4,11 | 0,00 | 2401,58 | 2140,98 | 260,59 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 0,00 | 0,24 | 0,15 | 0,00 | 905,58 | 823,07 | 82,51 |
| Camiones Pesados | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,59 | 0,36 | 0,00 | 182,23 | 109,79 | 72,44 |
| | Camiones Pesados Diesel Convencional | 188,38 | 2,20 | 2,03 | 173,31 | 704,44 | 704,44 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 86,55 | 1,56 | 1,44 | 79,63 | 273,86 | 273,86 | 0,00 |
| Buses Licitados | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 23,74 | 1,11 | 1,02 | 21,84 | 159,80 | 159,80 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 20,96 | 0,85 | 0,52 | 19,28 | 157,82 | 157,82 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|----------------|---------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 111,59 | 1,99 | 1,23 | 102,66 | 659,87 | 659,87 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 80,51 | 2,34 | 1,44 | 74,06 | 618,87 | 618,87 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 2,35 | 0,05 | 0,03 | 2,16 | 10,65 | 10,65 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 3,03 | 0,04 | 0,04 | 2,79 | 13,13 | 13,13 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,17 | 0,06 | 0,03 | 1,07 | 10,60 | 10,60 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,37 | 1,37 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,05 | 0,06 | 0,03 | 4,65 | 28,58 | 28,58 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 4,10 | 0,11 | 0,06 | 3,77 | 30,19 | 30,19 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 3,30 | 0,13 | 0,13 | 3,04 | 24,04 | 24,04 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 1148,77 | 153,09 | 98,17 | 1056,86 | 186686,31 | 158196,26 | 28490,06 |

TE = corresponde a emisiones proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión.

DF = corresponde a emisiones de desgaste de frenos.

DN = corresponde a emisiones provenientes del desgaste de neumáticos.

CO Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

CO TE = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

CO BFC = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 (Ton/año). (CONTINUACION)

| Categoría | Sub categoría | NOx | | | COV | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|
| | | NOx Total | NOx TE | NOx BFC | COV Total | COV TE | COV BFC | COV DR | COV DD | COV DC |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 2213,76 | 1762,65 | 451,10 | 2547,36 | 1433,61 | 484,11 | 175,08 | 252,64 | 201,92 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 6825,91 | 6783,50 | 42,40 | 6614,06 | 3354,20 | 505,45 | 417,91 | 301,53 | 2034,97 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 395,26 | 358,56 | 36,70 | 354,41 | 242,58 | 39,08 | 26,29 | 11,07 | 35,39 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 140,20 | 139,84 | 0,35 | 171,08 | 119,37 | 4,21 | 8,14 | 1,72 | 37,65 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 10,40 | 10,40 | 6,39 | 7,81 | 6,61 | 1,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 976,74 | 766,58 | 210,16 | 971,65 | 432,80 | 278,54 | 55,37 | 93,20 | 111,73 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 3284,69 | 3265,73 | 18,97 | 4292,20 | 2909,20 | 180,39 | 134,51 | 113,19 | 954,90 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 710,06 | 710,06 | 0,00 | 112,07 | 112,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 7,97 | 7,70 | 4,75 | 10,43 | 8,63 | 1,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses particulares | 495,95 | 495,95 | 0,00 | 42,32 | 42,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 6,88 | 5,40 | 1,48 | 6,85 | 3,05 | 1,96 | 0,39 | 0,66 | 0,79 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 49,80 | 49,51 | 0,29 | 65,00 | 44,11 | 2,73 | 2,04 | 1,71 | 14,41 |
| Camiones Livianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 480,90 | 480,90 | 0,00 | 220,44 | 220,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 486,56 | 486,56 | 0,00 | 240,72 | 240,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 571,26 | 571,26 | 0,00 | 155,00 | 155,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 1272,46 | 1272,46 | 0,00 | 330,64 | 330,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 804,82 | 804,82 | 0,00 | 223,56 | 223,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 528,12 | 528,12 | 0,00 | 191,17 | 191,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 3,53 | 3,53 | 0,00 | 552,90 | 552,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 21,05 | 21,05 | 0,00 | 153,60 | 153,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 311,39 | 282,37 | 29,02 | 239,33 | 172,68 | 30,83 | 8,96 | 6,40 | 20,46 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 99,61 | 99,33 | 0,29 | 89,48 | 56,35 | 3,77 | 3,18 | 1,14 | 25,04 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 27,28 | 26,40 | 15,70 | 21,61 | 19,61 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 3306,47 | 3306,47 | 0,00 | 382,52 | 382,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 1285,42 | 1285,42 | 0,00 | 135,19 | 135,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 666,70 | 666,70 | 0,00 | 86,77 | 86,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 610,84 | 610,84 | 0,00 | 84,02 | 84,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 2860,50 | 2860,50 | 0,00 | 301,10 | 301,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 2395,34 | 2395,34 | 0,00 | 329,46 | 329,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 45,69 | 45,69 | 0,00 | 6,09 | 6,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 46,17 | 46,17 | 0,00 | 7,25 | 7,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 33,80 | 33,80 | 0,00 | 6,41 | 6,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,42 | 0,42 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 5,26 | 5,26 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 110,43 | 110,43 | 0,00 | 17,12 | 17,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 104,84 | 104,84 | 0,00 | 20,91 | 20,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 81,35 | 81,35 | 0,00 | 17,17 | 17,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Total Fuentes Móviles en Ruta | 31407,78 | 30615,87 | 791,91 | 19028,60 | 12440,13 | 1536,08 | 831,88 | 783,25 | 3437,27 |

NOx Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

NOx TE = corresponde a emisiones de NOx provenientes del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

NOx BFC = corresponde a emisiones de NOx proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)..

COV Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente (COV TE, tubo de escape) sumado a las emisiones de partidas en frío (COV BFC, balance frío caliente) y a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido (COV DR) , emisiones durante el día (COV DD) y emisiones por detenciones en caliente (COV DC).

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 (Ton/año). (CONTINUACION)

| Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N20 | CH4 | CC | | | KM REC |
|---|---------------------------------------|-------|--------|------------|--------|--------|-----------|-----------|----------|---------------|
| | | | | | | | CC Total | CC TE | CC BFC | |
| Vehículos Particulares (sedan y SW) | Vehiculos Particulares Cat. Tipo 1 | 25,61 | 562,01 | 1793258,06 | 425,52 | 277,34 | 450926,27 | 426872,20 | 24054,06 | 8028735003,99 |
| | Vehiculos Particulares No Cataliticos | 6,96 | 3,83 | 485001,89 | 9,58 | 151,04 | 126518,94 | 115950,86 | 10568,09 | 1916434083,08 |
| Vehículos de Alquiler (Taxis básicos) | Vehiculos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 3,85 | 84,39 | 269853,18 | 63,90 | 42,17 | 66180,03 | 64236,56 | 1943,47 | 1205601927,22 |
| | Vehiculos de Alquiler No Cataliticos | 0,14 | 0,07 | 9467,10 | 0,19 | 2,99 | 2351,43 | 2263,27 | 88,16 | 37324742,67 |
| | Vehiculos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,00 | 5023,93 | 0,46 | 2,48 | 1844,15 | 1579,04 | 265,11 | 30955332,66 |
| Vehículos Comerciales (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros) | Vehiculos Comerciales Cat. Tipo 1 | 12,00 | 177,75 | 795515,67 | 134,58 | 87,69 | 212351,63 | 200030,16 | 12321,47 | 2539274454,48 |
| | Vehiculos Comerciales No Cataliticos | 2,92 | 1,23 | 192921,67 | 3,70 | 92,52 | 52783,97 | 48590,19 | 4193,77 | 616826156,52 |
| | Vehiculos Comerciales Diesel Tipo 1 | 5,05 | 0,68 | 158386,35 | 11,56 | 3,40 | 50487,33 | 50487,33 | 0,00 | 679850582,53 |
| | Vehiculos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 4588,64 | 0,33 | 1,76 | 1686,17 | 1443,77 | 242,40 | 21956896,80 |
| | Buses particulares | 1,50 | 0,17 | 34388,99 | 1,70 | 7,42 | 15017,67 | 15017,67 | 0,00 | 56518678,81 |
| | Vehiculos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,08 | 1,25 | 5604,91 | 0,95 | 0,62 | 1496,15 | 1409,34 | 86,81 | 17890804,80 |
| | Vehiculos Escolares No Cataliticos | 0,04 | 0,02 | 2924,98 | 0,06 | 1,40 | 800,28 | 736,70 | 63,58 | 9352011,60 |
| | Vehiculos Escolares a Diesel | 0,92 | 0,12 | 28986,85 | 2,12 | 0,62 | 9239,91 | 9239,91 | 0,00 | 124422415,22 |
| Camiones Livianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 1,54 | 0,44 | 48763,28 | 4,37 | 12,39 | 15676,19 | 15676,19 | 0,00 | 145725682,52 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 2,26 | 0,64 | 71118,07 | 6,37 | 13,53 | 22698,84 | 22698,84 | 0,00 | 212181129,96 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 2,22 | 0,63 | 69952,93 | 6,27 | 12,44 | 22240,20 | 22240,20 | 0,00 | 209119189,55 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 3,99 | 0,65 | 124561,21 | 6,50 | 18,42 | 39822,79 | 39822,79 | 0,00 | 216745156,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 3,56 | 0,59 | 112617,58 | 5,86 | 12,46 | 35681,79 | 35681,79 | 0,00 | 195401729,56 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 3,28 | 0,54 | 103282,49 | 5,37 | 10,65 | 32999,15 | 32999,15 | 0,00 | 179024640,58 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,11 | 0,12 | 5930,95 | 0,12 | 9,03 | 1891,89 | 1891,89 | 0,00 | 60206830,93 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,27 | 0,22 | 13991,40 | 0,22 | 22,11 | 4440,22 | 4440,22 | 0,00 | 110544249,41 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Cataliticos Tipo 1 | 3,00 | 57,55 | 209949,45 | 43,58 | 35,38 | 51489,57 | 49977,53 | 1512,03 | 822186742,54 |
| | Taxis Colectivos No Cataliticos | 0,12 | 0,06 | 8430,00 | 0,15 | 3,01 | 2091,30 | 2012,89 | 78,41 | 29185689,81 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,00 | 11681,88 | 1,08 | 5,77 | 4287,81 | 3671,41 | 616,39 | 72132986,51 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 8,14 | 0,81 | 254895,44 | 8,13 | 47,43 | 35429,89 | 81501,45 | 0,00 | 271044585,31 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 5,75 | 0,57 | 180699,14 | 5,75 | 16,76 | 82960,93 | 57590,87 | 0,00 | 191582918,25 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 4,11 | 0,41 | 128723,29 | 4,10 | 10,76 | 97254,30 | 41084,14 | 0,00 | 136630920,74 |
| Buses | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 | 3,54 | 0,31 | 133384,35 | 3,14 | 8,99 | 81501,45 | 35429,89 | 0,00 | 104791920,61 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Licitados | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 | 8,30 | 0,74 | 189969,62 | 7,36 | 32,20 | 57590,87 | 82960,93 | 0,00 | 245364892,62 |
| | Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 | 9,73 | 0,86 | 366126,23 | 8,63 | 35,24 | 41084,14 | 97254,30 | 0,00 | 287651589,74 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,10 | 0,02 | 3190,97 | N/E | N/E | 1017,33 | 1017,33 | 0,00 | 5491249,38 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 | 0,18 | 0,04 | 5227,18 | N/E | N/E | 1666,40 | 1666,40 | 0,00 | 6293678,40 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 0,17 | 0,02 | 5306,85 | N/E | N/E | 1691,67 | 1691,67 | 0,00 | 6551174,28 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,00 | 0,00 | 91,46 | N/E | N/E | 29,15 | 29,15 | 0,00 | 101800,70 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,01 | 0,00 | 229,53 | N/E | N/E | 73,19 | 73,19 | 0,00 | 520289,74 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,23 | 0,03 | 7158,29 | N/E | N/E | 2282,12 | 2282,12 | 0,00 | 9249595,31 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 0,51 | 0,04 | 15677,03 | N/E | N/E | 4997,43 | 4997,43 | 0,00 | 12429143,70 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,00 | 17270,74 | N/E | N/E | 5505,19 | 5505,19 | 0,00 | 13469723,17 |
| | Total Fuentes Móviles en Ruta | | 120,73 | 896,83 | 5874151,58 | 771,64 | 978,01 | 1638087,75 | 1582053,98 | 56033,76 |

CC Total = corresponde a la suma de los consumos de combustible de los vehículos en el trayecto con el motor en caliente (CC TE) sumado al consumo del trayecto con el motor en frío (CC BFC).

Tabla 178. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS ESCENARIO 2005 (Ton/año).

| Categoría | Sub categoría | PM10 (TE+DF+DN) | PM2,5 | CO | NOx | COV | | |
|--|--|-----------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| | | | | | | COV Total | COV TE | COV DR |
| Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 18,30 | 0,00 | 1602,36 | 517,43 | 197,48 | 183,09 | 14,39 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 4,37 | 0,00 | 17982,99 | 707,42 | 327,56 | 293,21 | 34,35 |
| Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 6,01 | 0,00 | 3798,55 | 428,71 | 77,51 | 72,78 | 4,73 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 1,46 | 0,00 | 1876,41 | 416,54 | 71,93 | 60,44 | 11,48 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 18,10 | 15,17 | 86,52 | 63,85 | 13,14 | 13,14 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,05 | 0,00 | 61,22 | 1,25 | 0,63 | 0,63 | 0,00 |
| Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 7,17 | 5,99 | 64,81 | 177,99 | 30,04 | 30,04 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 7,13 | 5,67 | 47,19 | 181,43 | 32,81 | 32,81 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 4,69 | 3,44 | 37,20 | 286,92 | 21,13 | 21,13 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 20,53 | 18,02 | 92,46 | 265,35 | 42,86 | 42,86 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 12,33 | 10,56 | 41,68 | 167,46 | 28,98 | 28,98 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 7,25 | 5,95 | 30,55 | 109,58 | 24,78 | 24,78 | 0,00 |
| Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 14,10 | 12,42 | 60,99 | 375,32 | 33,94 | 33,94 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 5,39 | 4,64 | 19,29 | 118,71 | 9,76 | 9,76 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 6,59 | 5,15 | 45,51 | 248,93 | 25,32 | 25,32 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 1,81 | 1,33 | 11,53 | 63,06 | 6,42 | 6,42 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 14,95 | 13,30 | 71,36 | 305,64 | 14,18 | 14,18 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,56 | 4,74 | 30,06 | 180,25 | 8,96 | 8,96 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 7,36 | 5,99 | 49,43 | 264,67 | 17,19 | 17,19 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,80 | 0,62 | 5,00 | 26,79 | 1,74 | 1,74 | 0,00 |
| Cam. Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 19,79 | 17,53 | 71,89 | 369,37 | 33,33 | 33,33 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 9,29 | 8,07 | 28,00 | 143,86 | 11,80 | 11,80 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 2,78 | 2,22 | 16,38 | 74,79 | 7,59 | 7,59 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | 195,81 | 140,79 | 26131,38 | 5495,33 | 1039,06 | 974,12 | 64,94 |

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS ESCENARIO 2005 (Ton/año) (CONTINUACION)

| FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS | Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N2O | CH4 | CC | KM REC |
|--|--|---------------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------------|
| | Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 3,69 | 90,08 | 195927,27 | 73,90 | 21,87 | 61560,18 | 1394325503,60 |
| | | Vehículos Particulares No Catalíticos | 1,02 | 0,61 | 53298,76 | 17,64 | 8,65 | 16951,57 | 332765707,63 |
| | Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 2,55 | 29,23 | 135144,77 | 24,26 | 9,48 | 42475,51 | 457808887,64 |
| | | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,62 | 0,20 | 32781,30 | 0,67 | 16,69 | 10320,31 | 111234227,57 |
| | | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 1,04 | 0,11 | 32607,20 | 2,08 | 0,61 | 10394,19 | 122544130,53 |
| | | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 879,22 | 0,06 | 0,32 | 276,90 | 3959676,94 |
| | Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 0,59 | 0,12 | 18405,58 | 1,28 | 3,62 | 5867,74 | 42575353,15 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 0,85 | 0,17 | 26804,92 | 1,86 | 3,95 | 8544,58 | 61998133,31 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 0,84 | 0,17 | 26418,16 | 1,83 | 3,64 | 8420,87 | 61100506,81 |
| Camiones Medianos Diesel Convencional | | 1,22 | 0,17 | 38354,47 | 1,82 | 5,16 | 12226,70 | 60741717,17 | |
| Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | | 1,10 | 0,15 | 34581,39 | 1,64 | 3,49 | 11023,05 | 54762039,13 | |
| Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | | 1,01 | 0,14 | 31682,47 | 1,51 | 2,99 | 10098,77 | 50170236,98 | |
| Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,88 | 0,13 | 27702,32 | 1,37 | 7,98 | 8830,98 | 45614555,42 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 | 0,51 | 0,07 | 15932,57 | 0,79 | 2,30 | 5078,53 | 26232059,86 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,21 | 45940,63 | 2,27 | 5,96 | 14643,21 | 75636430,72 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,08 | 16626,62 | 0,82 | 1,51 | 5299,47 | 27373289,59 | |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,44 | 0,10 | 13847,90 | 1,12 | 6,53 | 4415,06 | 37322625,09 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,43 | 0,09 | 13522,35 | 0,94 | 4,13 | 4310,35 | 31444793,43 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,18 | 45694,50 | 1,94 | 7,92 | 14564,65 | 64639304,91 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,21 | 0,03 | 6608,71 | 0,28 | 0,80 | 2106,41 | 9348444,34 | |
| Cam. Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 1,38 | 0,13 | 43209,03 | 1,42 | 8,27 | 13773,46 | 47229212,47 | |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 0,98 | 0,09 | 30599,37 | 1,00 | 2,93 | 9753,30 | 33444082,58 | |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 0,70 | 0,07 | 21873,44 | 0,72 | 1,88 | 6971,82 | 23906380,39 | |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | | 23,51 | 122,31 | 908442,96 | 141,22 | 130,65 | 287907,60 | 3176177299,26 |

8.2 INVENTARIO DE DISEÑO DEL PPDA 2005 ANUAL

Tabla 179. EMISIONES DE FUENTES FIJAS ESCENARIO 2005 DE DISEÑO, BASE ANUAL (ton/año).

| CATEGORIA | SUB-CATEGORIA | RUBRO | PTS | MP10 | MP 2,5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 |
|---------------------------------|----------------------------|--|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] | [ton/año] |
| Combustión | Combustión externa puntual | Generación eléctrica | 146,66 | 132,69 | 119,03 | 161,22 | 642,57 | 11,40 | 191,85 | 32,09 |
| | | Calderas industriales | 236,57 | 193,46 | 154,32 | 1634,17 | 4065,00 | 1201,96 | 913,81 | 100,16 |
| | | Calderas de calefacción | 162,87 | 147,12 | 130,86 | 1466,55 | 2506,91 | 1788,85 | 348,19 | 31,71 |
| | | Incineración de residuos | 2,54 | 0,96 | 0,66 | 0,59 | 3,45 | 11,80 | 0,00 | 0,05 |
| | | Sub-Total Comb. Externa Puntual | 548,64 | 474,24 | 404,87 | 3262,53 | 7217,93 | 3014,00 | 1453,85 | 164,01 |
| | Combustión interna | Grupos electrógenos | 59,52 | 51,19 | 44,04 | 169,32 | 777,20 | 61,60 | 10,28 | 0,00 |
| | | Industria de artes gráficas (procesos de secado) | 8,69 | 8,34 | 7,82 | 3,06 | 3,64 | 5,55 | 0,90 | 0,00 |
| | | Sub-Total Comb. Interna | 68,21 | 59,53 | 51,87 | 172,39 | 780,84 | 67,15 | 11,19 | 0,00 |
| | Procesos | Ind. metalúrgica secundaria | Molibdeno | 5,45 | 5,40 | 4,58 | 203,78 | 16,07 | 4,00 | 6504,29 |
| Productos de hierro y acero | | | 178,71 | 152,20 | 139,74 | 104,09 | 49,58 | 21,35 | 281,97 | 4,25 |
| Productos de cobre y bronce | | | 46,36 | 26,44 | 18,79 | 8,04 | 5,60 | 1,56 | 1,82 | 0,12 |
| Productos de zinc | | | 2,98 | 1,89 | 1,41 | 2,10 | 2,50 | 0,14 | 0,31 | 0,00 |
| Productos de aluminio | | | 9,09 | 6,91 | 6,00 | 3,89 | 4,25 | 0,27 | 2,89 | 0,38 |
| Productos de plomo | | | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,16 | 0,90 | 3,11 | 0,00 | 0,02 |
| Tratamiento de superficies | | | 22,33 | 18,98 | 6,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sub-Total Ind. Met. Sec. | | | 264,95 | 211,84 | 177,23 | 322,06 | 78,90 | 30,43 | 6791,28 | 4,77 |
| Ind. de productos minerales | | Producción de cemento | 67,28 | 36,67 | 22,20 | 397,21 | 2120,76 | 34,63 | 88,58 | 6,01 |
| | | Producción de cal | 11,68 | 6,37 | 3,86 | 87,98 | 246,25 | 0,00 | 11,66 | 0,00 |
| | | Producción de yeso | 90,52 | 54,03 | 27,56 | 13,08 | 38,77 | 0,87 | 20,87 | 0,90 |
| | | Producción de vidrio y fritas | 23,00 | 21,31 | 20,16 | 36,20 | 1257,41 | 37,40 | 1078,17 | 0,00 |
| | | Producción de ladrillos | 69,49 | 37,87 | 22,93 | 449,71 | 76,61 | 2,44 | 710,31 | 17,85 |
| | | Fabricación de productos cerámicos | 37,50 | 20,47 | 12,42 | 239,43 | 65,01 | 39,91 | 10,96 | 0,03 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|---|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | Fabricación de mezclas de asfalto | 14,36 | 13,39 | 12,16 | 533,80 | 14,17 | 4,28 | 1,07 | 0,07 |
| | | Manejo de áridos | 28,77 | 16,08 | 10,03 | 2,29 | 2,71 | 0,15 | 0,34 | 0,00 |
| | | Productos de asbesto | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Prod. Min. | 342,59 | 206,19 | 131,32 | 1759,69 | 3821,69 | 119,67 | 1921,96 | 24,86 |
| | Industria química | Industria química | 22,07 | 11,42 | 6,66 | 18,15 | 24,89 | 24,00 | 103,41 | 0,33 |
| | | Fabricación de neumáticos | 4,37 | 2,51 | 1,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Química | 26,44 | 13,92 | 8,44 | 18,15 | 24,89 | 24,00 | 103,41 | 0,33 |
| | Ind. madera y el papel | Fabricación y reciclaje de papel | 26,40 | 16,05 | 12,83 | 12,26 | 14,52 | 0,81 | 1,81 | 0,00 |
| | | Sub-Total Ind. Mad y Papel | 26,40 | 16,05 | 12,83 | 12,26 | 14,52 | 0,81 | 1,81 | 0,00 |
| | Ind. aliment. y agropecuaria | Procesamiento de granos | 36,17 | 17,73 | 5,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Panaderías | 37,66 | 33,37 | 29,41 | 177,88 | 239,67 | 585,68 | 116,79 | 21,28 |
| | | Fabricación de alimentos | 36,06 | 27,22 | 20,49 | 24,11 | 37,23 | 35,63 | 4,54 | 0,41 |
| | | Sub-Total Ind. Alim. y Agropec. | 109,89 | 78,31 | 54,97 | 201,99 | 276,90 | 621,31 | 121,33 | 21,69 |
| Evaporativas | Evaporativas puntuales | Recubrimiento ind. de superficies | 223,19 | 111,29 | 72,59 | 19,39 | 48,04 | 3564,48 | 7,91 | 1,32 |
| | | Producción y envasado de GLP* | | | | | | | | |
| | | Industria de artes gráficas | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| | | Estampado y teñido de telas | 12,66 | 5,95 | 3,67 | 2,64 | 3,12 | 1,21 | 0,38 | 0,00 |
| | | Sub-Total Evaporativas Puntuales | 235,84 | 117,24 | 76,26 | 22,03 | 51,16 | 3565,69 | 8,29 | 1,32 |
| Miscelaneas | Miscelaneas | Miscelanas | 112,67 | 89,60 | 76,23 | 1973,36 | 65,28 | 98,51 | 70,98 | 0,43 |
| | | Sub-Total miscelaneas | 112,67 | 89,60 | 76,23 | 1973,36 | 65,28 | 98,51 | 70,98 | 0,43 |
| TOTAL PUNTUALES | | | 1735,64 | 1266,92 | 994,01 | 7744,46 | 12332,11 | 7541,58 | 10484,08 | 217,41 |

*Esta fuente en el Inventario 2000 se consideraba como Fugas de GLP, sin embargo en el presente inventario se le asigna la emisión a cada una de las fuentes específicas.

Tabla 180. EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS FUENTES, ESCENARIO 2005 DE DISEÑO (Ton/Año).

| FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS (Ton/Año) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|--|
| Grp | Cat | Sub-cat | RUBRO | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 | | |
| AREALES | Residencial | Comb. ext. residencial | Gas Licuado | 18,00 | 18,00 | 118,87 | 585,26 | 46,91 | 0,79 | 1,15 | | |
| | | | Gas de Ciudad | 5,81 | 5,81 | 20,34 | 47,67 | 5,72 | 0,32 | 0,08 | | |
| | | | Gas Natural | 42,91 | 42,91 | 150,24 | 352,14 | 42,26 | 2,35 | 1957,64 | | |
| | | | Kerosene | 12,21 | 2,93 | 48,83 | 175,78 | 24,35 | 290,70 | 6,16 | | |
| | | | Leña | 693,13 | 673,58 | 8235,01 | 84,76 | 7465,63 | 11,75 | 70,95 | | |
| | | | Sub-Total Com. Ext. Residencial | 772,06 | 743,23 | 8573,29 | 1245,61 | 7584,87 | 305,91 | 2035,98 | | |
| | | Evaporativas residencial | Solventes de uso domestico | 0,00 | | | | 1680,98 | | | | |
| | | | Pintado arquitectónico | | | | | 8179,24 | | | | |
| | | | Uso de Adhesivos | | | | | 20263,21 | | | | |
| | | | Residencial de NH3 | | | | | | | | 1835,33 | |
| | | | Fugas residenciales de GLP | | | | | 10998,97 | | | | |
| | | | Sub-Total Evap. Residencial | | | | | 41122,40 | | | 1835,33 | |
| | | Comercial | Evaporativas comercial | Distribución de combustible | | | | | 1162,14 | | | |
| | | | | Lavasecos | | | | | 320,55 | | | |
| | Pintado de vehículos | | | | | | | 750,00 | | | | |
| | Recubrimiento industrial de superficies | | | | | | | 1320,50 | | | | |
| | Aplicación de asfalto | | | | | | | 4357,42 | | | | |
| | Fugas comerciales de GLP | | | | | | | 0,00 | | | | |
| | Sub-Total Evap. Comercial | | | | | | 7910,61 | | | 0,00 | | |
| | Rest. y comida rápida | Restoranes | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | |
| | | Asadurías | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | |
| | | Sub-Total Rest. Comid. rápida | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | |
| | Otras | Disposición de residuos | Emisiones rellenos sanitarios | 2,43 | | 108,09 | 5,86 | | | | | |
| | | | Quema abierta de basura | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| | | | Plantas de tratamiento de aguas servidas | | | | | | | | 1408,20 | |
| | | | Sub-Total Disp. Residuos | 2,43 | 0,00 | 108,09 | 5,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1408,20 | |
| | | Quemas | Quemas agrícolas | 246,54 | 234,75 | 2139,19 | 101,55 | 171,40 | 11,73 | 11,54 | | |
| Incendios forestales | | | 429,09 | 429,09 | 2313,21 | 63,43 | 267,31 | | 7,00 | | | |
| Incendios urbanos | | | 182,68 | N/E | 2827,71 | 66,60 | 234,06 | | 36,29 | | | |
| Cigarrillos | 36,67 | | 36,67 | | | | | 23,84 | | | | |
| Producción de ladrillos artesanales | 0,67 | | | | | | | | | | | |
| Sub-Total Quemas | 895,65 | 700,51 | 7280,11 | 231,58 | 672,77 | 11,73 | 78,67 | | | | | |

Tabla 181. EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO ESCENARIO 2005 DE DISEÑO(Ton/Año).

| POLVO RESUSPENDIDO (Ton/Año) | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| SUB-GRUPO | Categoría | Sub categoría | PTS | MP10 | MP2.5 |
| POLVO RESUSPENDIDO | Construcción y Demolición | Construcción de edificios | 2362,45 | 1157,79 | 47,25 |
| | | Construcción de caminos | 85,63 | 55,51 | 1,27 |
| | | Producción de áridos | 1066,95 | 380,90 | 55,48 |
| | | Sub-Total Construcción y Demolición | 3515,03 | 1594,20 | 104,00 |
| | Polvo Resuspendido | Calles pavimentadas con PAC | 73272,61 | 14148,22 | 2014,99 |
| | | Calles sin pavimentar | 5813,40 | 1700,70 | 254,40 |
| | | Calles sin pavimentar asociadas a áridos | 10269,14 | 2668,95 | 390,23 |
| | | Calles sin pavimentar asociadas a rellenos sanitarios | 778,59 | 238,74 | 36,59 |
| | | Sub-Total Polvo Resuspendido | 90133,74 | 18756,61 | 2696,21 |
| | Preparación de terrenos agrícolas | Cereales y chacras | 116,44 | 85,00 | 34,92 |
| | | Cultivos Industriales | 0,23 | 0,17 | 0,06 |
| | | Hortalizas | 163,01 | 119,00 | 48,86 |
| | | Frutales | 27,40 | 20,00 | 8,20 |
| | | Sub-Total Preparación de Terrenos Agrícolas | 307,08 | 224,17 | 92,04 |
| | TOTAL POLVO FUGITIVO | | | 93955,85 | 20574,98 |

Tabla 182. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA ESCENARIO 2005 DE DISEÑO (Ton/Año).

| FUENTES MÓVILES FUERA DE RUTA | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|--|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | Categoría | Sub categoría | MP10 | MP2.5 | CO | NOx | VOC | SOx | NH3 |
| FUERA DE RUTA | Aeropuertos | Maquinarias y aeronaves en aeropuerto | 2,84 | 2,54 | 1944,36 | 546,66 | 270,47 | 45,49 | 31,57 |
| | | Sub-Total Aeropuertos | 2,84 | 2,54 | 1944,36 | 546,66 | 270,47 | 45,49 | 31,57 |
| | Terminales y depósitos de buses | Terminales y depósitos de buses | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E |
| | | Sub-Total Terminales | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E | N/E |
| | Maquinaria vehicular | Maquinaria agrícola | 39,08 | 35,96 | 203,78 | 216,18 | 35,05 | NE | NE |
| | | Maquinaria dentro de plantas de áridos | 96,40 | 88,69 | NE | NE | NE | NE | NE |
| | | Camiones dentro de plantas de áridos | 0,48 | 0,44 | 1,78 | 8,03 | 1,03 | 0,02 | 0,00 |
| | | Maquinaria de construcción | 14,34 | 13,19 | 59,92 | 182,21 | 12,75 | NE | NE |
| | | Maquinaria dentro de rellenos sanitarios | 0,83 | 0,77 | 3,58 | 12,10 | 0,72 | NE | NE |
| | | Camiones dentro de rellenos sanitarios | 0,49 | 0,45 | 1,83 | 8,08 | 0,28 | 0,02 | 0,00 |
| | | Sub-Total Maquinaria Vehicular | 151,63 | 139,50 | 270,89 | 426,60 | 49,83 | 0,04 | 0,00 |
| | | TOTAL MÓVILES FUERA DE RUTA | 154,47 | 142,03 | 2215,25 | 973,25 | 320,29 | 45,53 | 31,57 |

Tabla 183. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 DE DISEÑO(Ton/año).

| Categoría | Sub categoría | PM10 TE | PM10 DF | PM10 DN | PM2,5 | CO | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|--------|----------|----------|----------|
| | | | | | | CO Total | CO TE | CO BFC |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 64,24 | 39,51 | 0,00 | 19211,31 | 15361,60 | 3849,71 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 0,00 | 15,33 | 9,43 | 0,00 | 84159,37 | 68652,05 | 15507,33 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 0,00 | 9,62 | 5,91 | 0,00 | 2998,12 | 2689,24 | 308,88 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 0,00 | 0,30 | 0,18 | 0,00 | 1356,41 | 1228,71 | 127,70 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,25 | 0,15 | 0,00 | 96,91 | 58,39 | 38,52 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 0,00 | 20,35 | 12,51 | 0,00 | 27672,43 | 22959,82 | 4712,61 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,00 | 4,94 | 3,04 | 0,00 | 33161,11 | 30444,32 | 2716,79 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 211,14 | 5,45 | 3,35 | 194,25 | 817,64 | 817,64 | 0,00 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,18 | 0,11 | 0,00 | 306,00 | 184,36 | 121,64 |
| | Buses particulares | 17,17 | 0,45 | 0,28 | 15,80 | 101,16 | 101,16 | 0,00 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,00 | 0,14 | 0,09 | 0,00 | 194,97 | 161,77 | 33,20 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 0,00 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 502,77 | 461,58 | 41,19 |
| Camiones Livianos | Vehículos Escolares a Diesel | 38,64 | 1,00 | 0,61 | 35,55 | 149,64 | 149,64 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Convencional | 39,22 | 1,17 | 1,08 | 36,08 | 385,88 | 385,88 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 37,12 | 1,70 | 1,57 | 34,15 | 280,93 | 280,93 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 22,51 | 1,68 | 1,55 | 20,71 | 221,50 | 221,50 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Convencional | 126,45 | 1,74 | 1,61 | 116,33 | 578,34 | 578,34 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 74,10 | 1,57 | 1,45 | 68,17 | 260,69 | 260,69 | 0,00 |
| Motos | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 41,78 | 1,44 | 1,33 | 38,43 | 191,07 | 191,07 | 0,00 |
| | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,00 | 0,48 | 0,15 | 0,00 | 1390,15 | 1390,15 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,00 | 0,88 | 0,27 | 0,00 | 2491,53 | 2491,53 | 0,00 |
| | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 0,00 | 6,89 | 4,24 | 0,00 | 2613,90 | 2330,25 | 283,65 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 0,00 | 0,24 | 0,15 | 0,00 | 946,93 | 860,65 | 86,28 |
| Camiones Pesados | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,60 | 0,37 | 0,00 | 190,01 | 114,48 | 75,53 |
| | Camiones Pesados Diesel Convencional | 186,76 | 2,18 | 2,01 | 171,82 | 698,35 | 698,35 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 85,80 | 1,54 | 1,42 | 78,94 | 271,49 | 271,49 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 23,54 | 1,10 | 1,01 | 21,65 | 158,41 | 158,41 | 0,00 |

FUENTES MÓVILES EN RUTA

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------------|---------------|--------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| Buses Licitados | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_B2 | 9,14 | 0,37 | 0,23 | 8,41 | 68,80 | 68,80 | 0,00 |
| | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_B2 | 30,28 | 0,71 | 0,44 | 27,86 | 229,96 | 229,96 | 0,00 |
| | Bus Troncal 3_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 0,13 | 0,03 | 0,02 | 0,12 | 11,26 | 11,26 | 0,00 |
| | Bus Troncal 3_Euro 3_Subclase_B1 | 2,63 | 0,09 | 0,06 | 2,42 | 22,43 | 22,43 | 0,00 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_B2 | 10,41 | 0,31 | 0,19 | 9,58 | 78,84 | 78,84 | 0,00 |
| | Bus Troncal 5_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 0,18 | 0,06 | 0,03 | 0,17 | 15,73 | 15,73 | 0,00 |
| | Bus Troncal 5_Euro 3_Subclase_B1 | 2,75 | 0,12 | 0,07 | 2,53 | 23,39 | 23,39 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_A1 | 0,31 | 0,12 | 0,07 | 0,29 | 30,91 | 30,91 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 1,19 | 0,40 | 0,25 | 1,09 | 103,22 | 103,22 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A1 | 5,25 | 0,29 | 0,18 | 4,83 | 50,41 | 50,41 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A2 | 2,00 | 0,10 | 0,06 | 1,84 | 17,96 | 17,96 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_B1 | 11,50 | 0,54 | 0,33 | 10,58 | 97,65 | 97,65 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 4_con filtro_Subclase_A2 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 2,54 | 2,54 | 0,00 |
| | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_C2 | 1,71 | 0,07 | 0,04 | 1,58 | 11,87 | 11,87 | 0,00 |
| | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_C2 | 6,08 | 0,17 | 0,10 | 5,60 | 42,40 | 42,40 | 0,00 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_C2 | 8,25 | 0,26 | 0,16 | 7,59 | 57,37 | 57,37 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 2,35 | 0,05 | 0,03 | 2,16 | 10,65 | 10,65 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 3,03 | 0,04 | 0,04 | 2,79 | 13,13 | 13,13 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,17 | 0,06 | 0,03 | 1,07 | 10,60 | 10,60 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,37 | 1,37 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,05 | 0,06 | 0,03 | 4,65 | 28,58 | 28,58 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 4,10 | 0,11 | 0,06 | 3,77 | 30,19 | 30,19 | 0,00 |
| Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 3,30 | 0,13 | 0,13 | 3,04 | 24,04 | 24,04 | 0,00 | |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 1015,35 | 149,63 | 96,00 | 934,13 | 182390,44 | 154487,40 | 27903,04 |

TE = corresponde a emisiones proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión. DF = corresponde a emisiones de desgaste de frenos.

DN = corresponde a emisiones provenientes del desgaste de neumáticos.

CO Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

CO TE = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

CO BFC = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 DISEÑO (Ton/año). (CONTINUACION)

| Categoría | Sub categoría | NOx | | | COV | | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|
| | | NOx Total | NOx TE | NOx BFC | COV Total | COV TE | COV BFC | COV DR | COV DD | COV DC |
| Vehículos Particulares (sedan y SW) | Vehiculos Particulares Cat. Tipo 1 | 2174,88 | 1731,70 | 443,18 | 2429,50 | 1404,45 | 474,28 | 88,28 | 257,05 | 205,44 |
| | Vehiculos Particulares No Cataliticos | 6719,87 | 6678,12 | 41,75 | 6371,02 | 3287,68 | 495,44 | 210,71 | 306,78 | 2070,41 |
| Vehículos de Alquiler (Taxis básicos) | Vehiculos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 387,48 | 351,50 | 35,98 | 334,90 | 237,03 | 38,19 | 13,22 | 11,07 | 35,39 |
| | Vehiculos de Alquiler No Cataliticos | 140,19 | 139,84 | 0,35 | 166,94 | 119,37 | 4,12 | 4,09 | 1,72 | 37,65 |
| | Vehiculos de Alquiler a Gas | 10,13 | 10,13 | 0,00 | 7,56 | 6,44 | 1,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Vehículos Comerciales (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros) | Vehiculos Comerciales Cat. Tipo 1 | 961,46 | 754,59 | 206,87 | 929,34 | 423,74 | 272,72 | 27,96 | 93,20 | 111,73 |
| | Vehiculos Comerciales No Cataliticos | 3241,84 | 3223,12 | 18,72 | 4155,47 | 2843,15 | 176,30 | 67,92 | 113,19 | 954,90 |
| | Vehiculos Comerciales Diesel Tipo 1 | 698,34 | 698,34 | 0,00 | 110,19 | 110,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehiculos Comerciales a Gas | 7,82 | 7,56 | 0,26 | 9,89 | 8,43 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses particulares | 486,98 | 486,98 | 0,00 | 41,38 | 41,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Vehiculos Escolares Cat. Tipo 1 | 6,77 | 5,32 | 1,46 | 6,55 | 2,99 | 1,92 | 0,20 | 0,66 | 0,79 |
| | Vehiculos Escolares No Cataliticos | 49,15 | 48,87 | 0,28 | 62,93 | 43,11 | 2,67 | 1,03 | 1,71 | 14,41 |
| | Vehículos Escolares a Diesel | 127,81 | 127,81 | 0,00 | 20,17 | 20,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Livianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 468,23 | 468,23 | 0,00 | 216,87 | 216,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 479,94 | 479,94 | 0,00 | 236,82 | 236,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 560,54 | 560,54 | 0,00 | 152,49 | 152,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 1264,87 | 1264,87 | 0,00 | 325,80 | 325,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 796,68 | 796,68 | 0,00 | 220,29 | 220,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 521,46 | 521,46 | 0,00 | 188,37 | 188,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 3,47 | 3,47 | 0,00 | 543,31 | 543,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 20,65 | 20,65 | 0,00 | 149,38 | 149,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Cataliticos Tipo 1 | 320,50 | 290,63 | 29,87 | 252,44 | 183,39 | 32,74 | 9,46 | 6,40 | 20,46 |
| | Taxis Colectivos No Cataliticos | 102,16 | 101,86 | 0,29 | 93,08 | 59,56 | 3,98 | 3,36 | 1,14 | 25,04 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 27,15 | 26,24 | 0,91 | 22,36 | 20,38 | 1,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 3276,14 | 3276,14 | 0,00 | 379,51 | 379,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 1273,62 | 1273,62 | 0,00 | 134,12 | 134,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 660,59 | 660,59 | 0,00 | 86,09 | 86,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_B2 | 266,72 | 266,72 | 0,00 | 36,38 | 36,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Licitados | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_B2 | 722,47 | 722,47 | 0,00 | 166,26 | 166,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 3_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 31,42 | 31,42 | 0,00 | 7,37 | 7,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 3_Euro 3_Subclase_B1 | 62,61 | 62,61 | 0,00 | 14,68 | 14,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_B2 | 266,76 | 266,76 | 0,00 | 52,41 | 52,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 5_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 48,41 | 48,41 | 0,00 | 8,67 | 8,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 5_Euro 3_Subclase_B1 | 72,01 | 72,01 | 0,00 | 12,89 | 12,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_A1 | 77,66 | 77,66 | 0,00 | 16,25 | 16,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 327,98 | 327,98 | 0,00 | 54,32 | 54,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A1 | 127,63 | 127,63 | 0,00 | 26,16 | 26,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A2 | 51,16 | 51,16 | 0,00 | 9,58 | 9,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_B1 | 309,96 | 309,96 | 0,00 | 51,48 | 51,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Alimentador_Euro 4_con filtro_Subclase_A2 | 6,12 | 6,12 | 0,00 | 1,61 | 1,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_C2 | 53,02 | 53,02 | 0,00 | 6,19 | 6,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_C2 | 165,99 | 165,99 | 0,00 | 27,37 | 27,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_C2 | 235,64 | 235,64 | 0,00 | 34,47 | 34,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 45,69 | 45,69 | 0,00 | 6,09 | 6,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 46,17 | 46,17 | 0,00 | 7,25 | 7,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 33,80 | 33,80 | 0,00 | 6,41 | 6,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,42 | 0,42 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 5,26 | 5,26 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 110,43 | 110,43 | 0,00 | 17,12 | 17,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 104,84 | 104,84 | 0,00 | 20,91 | 20,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 81,35 | 81,35 | 0,00 | 17,17 | 17,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 28042,22 | 27262,30 | 779,92 | 18248,21 | 12045,94 | 1506,92 | 426,23 | 792,90 | 3476,22 |

NOx Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

NOx TE = corresponde a emisiones de NOx provenientes del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

NOx BFC = corresponde a emisiones de NOx proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)..

COV Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente (COV TE, tubo de escape) sumado a las emisiones de partidas en frío (COV BFC, balance frío caliente) y a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido (COV DR) , emisiones durante el día (COV DD) y emisiones por detenciones en caliente (COV DC).

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN RUTA ESCENARIO 2005 DISEÑO (Ton/año). (CONTINUACION)

| Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N2O | CH4 | CC | | | KM REC |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------|--------|------------|--------|--------|-----------|-----------|----------|---------------|
| | | | | | | | CC Total | CC TE | CC BFC | |
| Vehículos Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 25,11 | 553,14 | 1757870,34 | 418,81 | 271,34 | 442027,93 | 418448,16 | 23579,77 | 7901990834,33 |
| | Vehículos Particulares No Catalíticos | 6,82 | 3,77 | 475495,02 | 9,43 | 147,53 | 124038,46 | 113677,40 | 10361,06 | 1886180643,85 |
| Vehículos de Alquiler | Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1 | 3,77 | 82,81 | 263845,84 | 62,70 | 41,17 | 64706,74 | 62806,52 | 1900,22 | 1182993262,91 |
| | Vehículos de Alquiler No Catalíticos | 0,13 | 0,07 | 9257,72 | 0,18 | 2,91 | 2299,38 | 2213,17 | 86,21 | 36624791,42 |
| | Vehículos de Alquiler a Gas | 0,00 | 0,00 | 4920,55 | 0,46 | 2,43 | 1806,20 | 1546,54 | 259,66 | 30374827,02 |
| Vehículos Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 11,79 | 175,20 | 781612,21 | 132,65 | 85,86 | 208639,75 | 196533,40 | 12106,34 | 2502822003,74 |
| | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 2,86 | 1,22 | 189551,27 | 3,65 | 91,20 | 51861,33 | 47740,78 | 4120,55 | 607971333,81 |
| | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 4,96 | 0,67 | 155716,90 | 11,39 | 3,35 | 49636,41 | 49636,41 | 0,00 | 670091015,25 |
| | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 4516,43 | 0,32 | 1,73 | 1659,63 | 1421,05 | 238,59 | 21641695,47 |
| | Buses particulares | 1,48 | 0,17 | 33791,30 | 1,67 | 7,31 | 14756,64 | 14756,64 | 0,00 | 55707327,22 |
| | Vehículos Escolares Cat. Tipo 1 | 0,08 | 1,23 | 5506,96 | 0,93 | 0,60 | 1470,00 | 1384,70 | 85,30 | 17633974,09 |
| | Vehículos Escolares No Catalíticos | 0,04 | 0,02 | 2873,88 | 0,06 | 1,38 | 786,30 | 723,82 | 62,47 | 9217759,18 |
| | Vehículos Escolares a Diesel | 0,91 | 0,12 | 28498,43 | 2,08 | 0,61 | 9084,18 | 9084,18 | 0,00 | 122636274,32 |
| Camiones Livianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 1,52 | 0,43 | 46997,71 | 4,32 | 12,23 | 15117,86 | 15117,86 | 0,00 | 143928197,13 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 2,22 | 0,63 | 69223,50 | 6,29 | 13,36 | 22165,99 | 22165,99 | 0,00 | 209563935,28 |
| | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 2,16 | 0,62 | 68907,40 | 6,20 | 12,29 | 21750,47 | 21750,47 | 0,00 | 206539763,04 |
| Camiones Medianos | Camiones Medianos Diesel Convencional | 3,97 | 0,64 | 124590,25 | 6,44 | 18,23 | 39794,53 | 39794,53 | 0,00 | 214508876,27 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 3,59 | 0,58 | 111993,54 | 5,80 | 12,33 | 35859,03 | 35859,03 | 0,00 | 193385661,77 |
| | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 3,28 | 0,53 | 102795,49 | 5,32 | 10,54 | 32756,24 | 32756,24 | 0,00 | 177177544,28 |
| Motos | Motos de Dos Tiempos Convencional | 0,11 | 0,12 | 5839,90 | 0,12 | 8,84 | 1865,61 | 1865,61 | 0,00 | 58947212,22 |
| | Motos de Cuatro Tiempos Convencional | 0,26 | 0,22 | 13670,94 | 0,22 | 21,65 | 4337,21 | 4337,21 | 0,00 | 108231495,15 |
| Taxis Colectivos | Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1 | 3,17 | 59,30 | 221711,99 | 44,90 | 36,69 | 54374,72 | 52777,92 | 1596,80 | 847128848,64 |
| | Taxis Colectivos No Catalíticos | 0,13 | 0,06 | 8892,58 | 0,15 | 3,13 | 2206,00 | 2123,29 | 82,71 | 30071075,73 |
| | Taxis Colectivos a Gas | 0,00 | 0,00 | 12069,42 | 1,11 | 5,95 | 4430,09 | 3793,23 | 636,86 | 74321234,64 |
| Camiones Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 8,04 | 0,80 | 252497,68 | 8,03 | 46,82 | 80288,43 | 80288,43 | 0,00 | 267547893,11 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 5,68 | 0,57 | 178362,80 | 5,67 | 16,55 | 56734,37 | 56734,37 | 0,00 | 189111345,18 |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 4,04 | 0,40 | 127030,05 | 4,05 | 10,62 | 40455,16 | 40455,16 | 0,00 | 134868272,45 |
| Buses | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_B2 | 1,55 | 0,14 | 58237,93 | 1,37 | 3,90 | 15469,16 | 15469,16 | 0,00 | 45524346,68 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Licitados | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_B2 | 3,90 | 0,26 | 146973,63 | 2,63 | 7,52 | 39041,15 | 39041,15 | 0,00 | 87752598,30 |
| | Bus Troncal 3_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 0,13 | 0,01 | 5698,28 | 0,12 | 0,43 | 1274,53 | 1274,53 | 0,00 | 4004629,93 |
| | Bus Troncal 3_Euro 3_Subclase_B1 | 0,36 | 0,03 | 16219,02 | 0,34 | 0,86 | 3627,52 | 3627,52 | 0,00 | 11397792,88 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_B2 | 1,48 | 0,12 | 55881,44 | 1,16 | 3,30 | 14843,70 | 14843,70 | 0,00 | 38540966,40 |
| | Bus Troncal 5_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 0,20 | 0,02 | 9034,65 | 0,21 | 0,74 | 2020,71 | 2020,71 | 0,00 | 6884396,73 |
| | Bus Troncal 5_Euro 3_Subclase_B1 | 0,43 | 0,04 | 19199,42 | 0,44 | 1,10 | 4294,01 | 4294,01 | 0,00 | 14629343,06 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_A1 | 0,34 | 0,04 | 12929,31 | 0,44 | 1,38 | 3434,59 | 3434,59 | 0,00 | 14766076,40 |
| | Bus Alimentador_Euro 2_con filtro_Subclase_B1 | 1,38 | 0,15 | 52111,64 | 1,48 | 5,30 | 13842,73 | 13842,73 | 0,00 | 49465020,33 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A1 | 0,81 | 0,11 | 30432,10 | 1,05 | 2,29 | 8083,65 | 8083,65 | 0,00 | 35118804,80 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_A2 | 0,31 | 0,04 | 11777,98 | 0,36 | 0,84 | 3128,55 | 3128,55 | 0,00 | 11914108,47 |
| | Bus Alimentador_Euro 3_Subclase_B1 | 1,87 | 0,20 | 70334,96 | 2,00 | 5,00 | 18682,66 | 18682,66 | 0,00 | 66676667,12 |
| | Bus Alimentador_Euro 4_con filtro_Subclase_A2 | 0,06 | 0,01 | 1968,47 | 0,05 | 0,08 | 627,45 | 627,45 | 0,00 | 1702508,83 |
| | Bus Troncal 1_Euro 3_Subclase_C2 | 0,31 | 0,02 | 10183,59 | 0,24 | 0,78 | 3124,23 | 3124,23 | 0,00 | 8102311,90 |
| | Bus Troncal 2_Euro 3_Subclase_C2 | 0,94 | 0,06 | 30555,39 | 0,63 | 2,01 | 9374,38 | 9374,38 | 0,00 | 20841213,41 |
| | Bus Troncal 4_Euro 3_Subclase_C2 | 1,35 | 0,10 | 44074,31 | 0,96 | 3,07 | 13521,82 | 13521,82 | 0,00 | 31889509,45 |
| Buses Rurales e Interurbanos | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,10 | 0,02 | 3190,97 | N/E | N/E | 1017,33 | 1017,33 | 0,00 | 5491249,38 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 | 0,18 | 0,04 | 5227,18 | N/E | N/E | 1666,40 | 1666,40 | 0,00 | 6293678,40 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 0,17 | 0,02 | 5306,85 | N/E | N/E | 1691,67 | 1691,67 | 0,00 | 6551174,28 |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,00 | 0,00 | 91,46 | N/E | N/E | 29,15 | 29,15 | 0,00 | 101800,70 |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,01 | 0,00 | 229,53 | N/E | N/E | 73,19 | 73,19 | 0,00 | 520289,74 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,23 | 0,03 | 7158,29 | N/E | N/E | 2282,12 | 2282,12 | 0,00 | 9249595,31 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 0,51 | 0,04 | 15677,03 | N/E | N/E | 4997,43 | 4997,43 | 0,00 | 12429143,70 |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,00 | 17270,74 | N/E | N/E | 5505,19 | 5505,19 | 0,00 | 13469723,17 |
| Total Fuentes Móviles en Ruta | | 113,28 | 884,82 | 5687804,26 | 756,41 | 925,28 | 1556561,99 | 1501445,44 | 55116,55 | 18404534046,86 |

CC Total = corresponde a la suma de los consumos de combustible de los vehículos en el trayecto con el motor en caliente (CC TE) sumado al consumo del trayecto con el motor en frío (CC BFC).

Tabla 184. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS ESCENARIO 2005 DISEÑO (Ton/año).

| | Categoría | Sub categoría | PM10 (TE+DF+DN) | PM2,5 | CO | NOx | COV | | |
|--|--------------------------|--|-----------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| | | | | | | | COV Total | COV TE | COV DR |
| FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS | Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 18,30 | 0,00 | 1602,36 | 517,43 | 197,48 | 183,09 | 14,39 |
| | | Vehículos Particulares No Catalíticos | 4,37 | 0,00 | 17982,99 | 707,42 | 327,56 | 293,21 | 34,35 |
| | Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 6,01 | 0,00 | 3798,55 | 428,71 | 77,51 | 72,78 | 4,73 |
| | | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 1,46 | 0,00 | 1876,41 | 416,54 | 71,93 | 60,44 | 11,48 |
| | | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 18,10 | 15,17 | 86,52 | 63,85 | 13,14 | 13,14 | 0,00 |
| | | Vehículos Comerciales a Gas | 0,05 | 0,00 | 61,22 | 1,25 | 0,63 | 0,63 | 0,00 |
| | Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 7,17 | 5,99 | 64,81 | 177,99 | 30,04 | 30,04 | 0,00 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 7,13 | 5,67 | 47,19 | 181,43 | 32,81 | 32,81 | 0,00 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 4,69 | 3,44 | 37,20 | 286,92 | 21,13 | 21,13 | 0,00 |
| | | Camiones Medianos Diesel Convencional | 20,53 | 18,02 | 92,46 | 265,35 | 42,86 | 42,86 | 0,00 |
| | | Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | 12,33 | 10,56 | 41,68 | 167,46 | 28,98 | 28,98 | 0,00 |
| | | Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | 7,25 | 5,95 | 30,55 | 109,58 | 24,78 | 24,78 | 0,00 |
| | Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 14,10 | 12,42 | 60,99 | 375,32 | 33,94 | 33,94 | 0,00 |
| | | Buses Interurbanos Diesel Tipo1 | 5,39 | 4,64 | 19,29 | 118,71 | 9,76 | 9,76 | 0,00 |
| | | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 6,59 | 5,15 | 45,51 | 248,93 | 25,32 | 25,32 | 0,00 |
| | | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 1,81 | 1,33 | 11,53 | 63,06 | 6,42 | 6,42 | 0,00 |
| | | Buses Rurales Diesel Convencional | 14,95 | 13,30 | 71,36 | 305,64 | 14,18 | 14,18 | 0,00 |
| | | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 5,56 | 4,74 | 30,06 | 180,25 | 8,96 | 8,96 | 0,00 |
| | | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 7,36 | 5,99 | 49,43 | 264,67 | 17,19 | 17,19 | 0,00 |
| | | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,80 | 0,62 | 5,00 | 26,79 | 1,74 | 1,74 | 0,00 |
| | Cam. Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 19,79 | 17,53 | 71,89 | 369,37 | 33,33 | 33,33 | 0,00 |
| | | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 9,29 | 8,07 | 28,00 | 143,86 | 11,80 | 11,80 | 0,00 |
| | | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 2,78 | 2,22 | 16,38 | 74,79 | 7,59 | 7,59 | 0,00 |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | | 195,81 | 140,79 | 26131,38 | 5495,33 | 1039,06 | 974,12 | 64,94 |

EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS ESCENARIO 2005 DISEÑO (Ton/año). (CONTINUACION)

| FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS | Categoría | Sub categoría | Sox | NH3 | CO2 | N2O | CH4 | CC | KM REC |
|--|--|---------------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------------|
| | Particulares | Vehículos Particulares Cat. Tipo 1 | 3,69 | 90,08 | 195927,27 | 73,90 | 21,87 | 61560,18 | 1394325503,60 |
| | | Vehículos Particulares No Catalíticos | 1,02 | 0,61 | 53298,76 | 17,64 | 8,65 | 16951,57 | 332765707,63 |
| | Comerciales | Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 | 2,55 | 29,23 | 135144,77 | 24,26 | 9,48 | 42475,51 | 457808887,64 |
| | | Vehículos Comerciales No Catalíticos | 0,62 | 0,20 | 32781,30 | 0,67 | 16,69 | 10320,31 | 111234227,57 |
| | | Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 | 1,04 | 0,11 | 32607,20 | 2,08 | 0,61 | 10394,19 | 122544130,53 |
| | | Vehículos Comerciales a Gas | 0,00 | 0,00 | 879,22 | 0,06 | 0,32 | 276,90 | 3959676,94 |
| | Camiones Liv. Y Medianos | Camiones Livianos Diesel Convencional | 0,59 | 0,12 | 18405,58 | 1,28 | 3,62 | 5867,74 | 42575353,15 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 1 | 0,85 | 0,17 | 26804,92 | 1,86 | 3,95 | 8544,58 | 61998133,31 |
| | | Camiones Livianos Diesel Tipo 2 | 0,84 | 0,17 | 26418,16 | 1,83 | 3,64 | 8420,87 | 61100506,81 |
| Camiones Medianos Diesel Convencional | | 1,22 | 0,17 | 38354,47 | 1,82 | 5,16 | 12226,70 | 60741717,17 | |
| Camiones Medianos Diesel Tipo 1 | | 1,10 | 0,15 | 34581,39 | 1,64 | 3,49 | 11023,05 | 54762039,13 | |
| Camiones Medianos Diesel Tipo 2 | | 1,01 | 0,14 | 31682,47 | 1,51 | 2,99 | 10098,77 | 50170236,98 | |
| Buses Rur. e Inter. | Buses Interurbanos Diesel Convencional | 0,88 | 0,13 | 27702,32 | 1,37 | 7,98 | 8830,98 | 45614555,42 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 1 | 0,51 | 0,07 | 15932,57 | 0,79 | 2,30 | 5078,53 | 26232059,86 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,21 | 45940,63 | 2,27 | 5,96 | 14643,21 | 75636430,72 | |
| | Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 | 0,53 | 0,08 | 16626,62 | 0,82 | 1,51 | 5299,47 | 27373289,59 | |
| | Buses Rurales Diesel Convencional | 0,44 | 0,10 | 13847,90 | 1,12 | 6,53 | 4415,06 | 37322625,09 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 1 | 0,43 | 0,09 | 13522,35 | 0,94 | 4,13 | 4310,35 | 31444793,43 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 2 | 1,46 | 0,18 | 45694,50 | 1,94 | 7,92 | 14564,65 | 64639304,91 | |
| | Buses Rurales Diesel Tipo 3 | 0,21 | 0,03 | 6608,71 | 0,28 | 0,80 | 2106,41 | 9348444,34 | |
| Cam. Pesados | Camiones Pesados Diesel Convencional | 1,38 | 0,13 | 43209,03 | 1,42 | 8,27 | 13773,46 | 47229212,47 | |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 1 | 0,98 | 0,09 | 30599,37 | 1,00 | 2,93 | 9753,30 | 33444082,58 | |
| | Camiones Pesados Diesel Tipo 2 | 0,70 | 0,07 | 21873,44 | 0,72 | 1,88 | 6971,82 | 23906380,39 | |
| Total Fuentes Móviles en Carreteras | | | 23,51 | 122,31 | 908442,96 | 141,22 | 130,65 | 287907,60 | 3176177299,26 |

9 ANEXO II. COMPARACION FACTORES DE EMISION 2000 PPDA – INVENTARIO 2005

En las siguientes tablas se comparan todos los factores de emisión utilizados para estimar emisiones publicadas en el PPDA 2000 y el inventario 2005.

9.1 FUENTES MOVILES

9.1.1 Vehículos livianos particulares y comerciales.

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FE PPDA 2000 | FE INVENTARIO 2005 | OBSERVACION |
|--|--------------------------|---|---|-------------------------------|
| Livianos particulares y taxis a gasolina con convertidor catalítico. Tipo I. | CO | $28.884 V^{-0.8384}$ | $28.844 * V^{-0.8384}$ | No existen diferencias |
| | VOC | $1.1851 V^{-0.616}$ | $1.1851 * V^{-0.616}$ | No existen diferencias |
| | NOx | $4 \times 10^{-6} V^3 - 0.0004 V^2 + 0.0104 V + 0.5047$ | $1.1 * 10^{-6} * V^3 - 0.0001677 V^2 + 0.0031795 * V + 0.4835758$ | Factor de emision actualizado |
| | CH ₄ | $1.1176 \times 10^{-5} V^2 - 0.00196 V + 0.099652$ | $1.1176 * 10^{-5} * V^2 - 0.00196 * V + 0.099652$ | No existen diferencias |
| | N ₂ O | 0.05 | 0.053 | No existen diferencias |
| | NH ₃ | 0.07 | 0.070 | No existen diferencias |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| CC | $418.37 * (V^{-0.5486})$ | $552.25 * V^{-0.5486}$ | Factor de emision actualizado en Julio 2002 | |
| Livianos particulares y taxis a gasolina sin convertidor catalítico | CO | $0.0203 V^2 - 2.2662 V + 77.661$ | $0.0203 * V^2 - 2.2662 * V + 77.661$ | No existen diferencias |
| | VOC | $11.589 V^{-0.5595}$ | $11.589 * V^{-0.5595}$ | No existen diferencias |
| | CH ₄ | $3.31 \times 10^{-5} V^2 - 0.00573 V + 0.268$ | $3.31 * 10^{-5} * V^2 - 0.00573 V + 0.268$ | No existen diferencias |
| | N ₂ O | 0.005 | 0.005 | No existen diferencias |
| | NH ₃ | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | NOx | $1 \times 10^{-5} V^3 - 0.0021 V^2 + 0.0911 V + 1.167$ | $9.5 * 10^{-6} * V^3 - 0.0016 * V^2 + 0.0738 * V + 1.2586$ | Factor de emision actualizado |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| CC | $451.33 * (V^{-0.5334})$ | $595.76 * V^{-0.534}$ | Factor de emision actualizado en Julio 2002 | |
| Vehículos | PM ₁₀ | | $(0.000058 * V^2 - 0.0086 * V + 0.45)$ | Nueva categoría |

| | | | | |
|--|------------------|--|---|---|
| particulares livianos otros[1]. | CO | | $5.41301 * V^{-0.574}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $4.61 * V^{-0.937}$ | Nueva categoría |
| | NOX | | $0.000101 * V^2 - 0.014 * V + 0.918$ | Nueva categoría |
| | SO2 | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO2 | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH4 | | $0.0000019 * V^2 - 0.1775 * V + 7.9936$ | Nueva categoría |
| | N2O | | 0.027 | Nueva categoría |
| | NH3 | | 0.001 | Nueva categoría |
| Livianos comerciales a gasolina sin convertidor catalítico < 3.5 ton | CC | | $0.014 * V^2 - 2.084 * V + 118.489$ | No existen diferencias |
| | CO | $0.01104 V^2 - 1.5132 V + 57.789$ | $0.01104 * V^2 - 1.5132 * V + 57.789$ | No existen diferencias |
| | VOC | $0.000677 V^2 - 0.1170 V + 5.4734$ | $0.000677 * V^2 - 0.1170 * V + 5.4734$ | No existen diferencias |
| | CH ₄ | 0.15 | 0.15 | No existen diferencias |
| | N ₂ O | 0.006 | 0.006 | No existen diferencias |
| | NH ₃ | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | NO _x | $0.00009 V^2 - 0.0079 V + 1.9391$ | $0.0179 * V + 1.9547$ | Factor de emision actualizado |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| Livianos comerciales a gasolina con convertidor catalítico < 3.5 ton | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| | CC | $(0.0187 * (V^2)) - (2.6974 * V) + 156.77$ | $0.0234 * V^2 - 3.3718 * V + 195.96$ | Factor de emision actualizado en Julio 2002 |
| | CO | $0.00060 V^2 - 0.0475 V + 2.2195$ | $2,08631 * (0.0037 * V^2 - 0.5215 * V + 19.127)$ | Factor de emision actualizado y agregado factor de deterioro 2006 |
| | VOC | $0.00007 V^2 - 0.0067 V + 0.2406$ | $2,08631 * (0.0000577 * V^2 - 0.01047 * V + 0.5462)$ | Factor actualizado e incluye deterioro |
| | NO _x | $0.0000575 V^2 - 0.00548 V + 0.4880$ | $0.0000755 * V^2 - 0.009 * V + 0.666$ | Factor de emision actualizado y agregado factor de deterioro 2006 |
| | CH ₄ | $1.2969 \times 10^{-6} V^2 - 0.0021098 V + 0.101995$ | $1.2969 * 10^{-5} * V^2 - 0.0021098 * V + 0.101995$ | Factor de emision actualizado |
| | N ₂ O | 0.006 | 0.053 | Factor de emision actualizado |
| | NH ₃ | 0.07 | 0.07 | No existen diferencias |
| SO ₂ | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias | |

| | | | | |
|---|------------------|--|---|---|
| | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| | CC | $(0.0187 \times (V^2)) - (2.6974 \times V) + 156.77$ | $0.0234 \times V^2 - 3.3718 \times V + 195.96$ | Factor de emisión actualizado en Julio 2002 |
| Livianos comerciales Diesel < 3.5 ton. Tipo I | MP | $0.0000125 V^2 - 0.000577 V + 0.2880$ | $0.0000125 V^2 - 0.000577 V + 0.2880$ | No existen diferencias |
| | CO | $0.00020 V^2 - 0.0256 V + 1.8281$ | $0.00020 V^2 - 0.0256 V + 1.8281$ | No existen diferencias |
| | VOC | $0.000066 V^2 - 0.0113 V + 0.6024$ | $0.000066 V^2 - 0.0113 V + 0.6024$ | No existen diferencias |
| | NO _x | $0.00014 V^2 - 0.01592 V + 1.4921$ | $0.00014 V^2 - 0.01592 V + 1.4921$ | No existen diferencias |
| | CH ₄ | 0.005 | 0.005 | No existen diferencias |
| | N ₂ O | 0.017 | 0.017 | No existen diferencias |
| | NH ₃ | 0.001 | 0.001 | No existen diferencias |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | No existen diferencias |
| | CC | $(0.0233 \times (V^2)) - (2.5646 \times V) + 136.22$ | $(0.0233 \times (V^2)) - (2.5646 \times V) + 136.22$ | No existen diferencias |
| Livianos comerciales Diesel < 3.5 ton. (EURO I o superior), Tipo II | PM ₁₀ | | $(0.00003015 \times V^2 - 0.00327295 \times V + 0.12944)$ | Nueva categoría |
| | CO | | $0.00018286 \times V^2 - 0.02132 \times V + 0.88232$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $0.00001085 \times V^2 - 0.0017608 \times V + 0.134044$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $0.00020244 \times V^2 - 0.0267204 \times V + 1.660254$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.005 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.017 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.001 | Nueva categoría |
| | CC | | $0.0198 \times V^2 - 2.506 \times V + 137.42$ | Nueva categoría |

NE: No fue posible determinar el factor utilizado.

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FE PPDA_2000 | FE INVENTARIO 2005 | OBSERVACION | |
|--|------------------|--------------|---|---|-------------------------------|
| Camiones livianos Tipo I. Convencionales <7.5 t. (sin normas de emisión) | PM10 | | $4.5563 * V^{-0.707}$ | Nueva categoría | |
| | CO | | $37.280 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría | |
| | HCT | | $40.120 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría | |
| | NOX | | | $50.305 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) | Nueva categoría |
| | | | | $0.0014 * V^2 - 0.1737 * V + 7.5506$ | Nueva categoría |
| | SO2 | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría | |
| | CO2 | | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría | |
| | CH4 | | 0.085 | Nueva categoría | |
| | N2O | | 0.03 | Nueva categoría | |
| | NH3 | | 0.003 | Nueva categoría | |
| CC | | | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) | Nueva categoría | |
| | | | $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ | | |
| Camiones livianos Tipo II. < 7.5 ton (EURO I o superior) | PM ₁₀ | | $2.96159 * V^{-0.7070}$ | Factor de emision actualizado | |
| | CO | | $18.64 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría | |
| | HCT | | $30.09 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría | |
| | NO _x | | | $35.2135 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) | Factor de emision actualizado |
| | | | | $0.00098 * V^2 - 0.12159 * V + 5.28542$ | Factor de emision actualizado |
| | CC | | | $1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) | Factor de emision actualizado |
| | | | | $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$ | Factor de emision actualizado |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría | |
| | CO ₂ | | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría | |
| | CH ₄ | | 0.06375 | Nueva categoría | |
| N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría | | |
| NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría | | |
| Camiones livianos Tipo III < 7.5 ton (EURO II o superior) | PM ₁₀ | | $1.82252 * V^{-0.7070}$ | Nueva categoría | |
| | CO | | $14.912 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría | |
| | HCT | | $19.6585 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría | |
| | NO _x | | $25.1525 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) | Nueva categoría | |

| | | | | |
|--|------------------|--|---|-----------------|
| superior) | | | $0.0007*V^2 - 0.060795*V + 3.7753$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.0595 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | CC | | $1425.2*V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 *V^2 - 0.043*V + 60.12$ | Nueva categoría |
| Camiones livianos Tipo IV < 7.5 ton (EURO III o superior) | PM ₁₀ | | $1.2757*V^{-0.7070}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $10.438*V^{-0.6945}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $14.7441*V^{-0.8774}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $17.60675*V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.00049*V^2 - 0.060795*V + 2.64271$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.04165 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | CC | | $1425.2*V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 *V^2 - 0.043*V + 60.12$ | Nueva categoría |
| Camiones Medianos Tipo I 7.5 – 16 ton. (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | | $9.6037*V^{-0.7259}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $37.28*V^{-0.6945}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $40.12*V^{-0.8774}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $92.584*V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.0006*V^2 - 0.0941*V + 7.7785$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.085 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |

| | | | | |
|---|------------------|---|---|-----------------|
| | CC | | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) | Nueva categoría |
| | | | $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ | |
| Camiones Medianos Tipo II 7.5 – 16 ton. (EURO I o superior) | PM ₁₀ | | $6.242405 * V^{-0.7259}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $18.64 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $30.09 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $64.8088 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | $0.00042 * V^2 - 0.06587 * V + 5.44495$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.06375 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| CC | | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) | Nueva categoría | |
| | | $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ | | |
| Camiones Medianos Tipo III 7.5 – 16 ton. (EURO II o superior) | PM ₁₀ | | $3.84184 * V^{-0.7259}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $14.912 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $28.084 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $46.292 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | $0.0003 * V^2 - 0.04705 * V + 3.88925$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.0595 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| CC | | $1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) | Nueva categoría | |
| | | $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$ | | |
| Camiones Medianos Tipo IV 7.5 – 16 ton. (EURO III o superior) | PM ₁₀ | | $2.689036 * V^{-0.7259}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $10.4384 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $19.6588 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $32.4044 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) | Nueva categoría |
| | | $0.00021 * V^2 - 0.032935 * V + 2.722475$ | Nueva categoría | |

| | | | | |
|--|------------------|--|---|------------------------|
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | 44.011 x (CC/12.011 + 1.008 x r H:C) – (ECO/28.011) – (EHCT/13.85) – (EMP/12.011) | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.04165 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | CC | | 1068.4*V ^{-0.4905} (0 a 59 km/h) 0.0126 *V ² – 0.6589*V + 141.18 | Nueva categoría |
| Camiones Pesados Tipo I convencionales (sin normas de emisión) | PM ₁₀ | | 10.933*V ^{-0.7054} | No existen diferencias |
| | CO | | 37.280*V ^{-0.6945} | Nueva categoría |
| | HCT | | 40.12*V ^{-0.8774} | Nueva categoría |
| | NO _x | | 116.16*V ^{-0.5859} | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.175 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | 44.011 x (CC/12.011 + 1.008 x r H:C) – (ECO/28.011) – (EHCT/13.85) – (EMP/12.011) | Nueva categoría |
| | CC | | 1678.7*V ^{-0.4593} (V<60 km/h) 0.051 *V ² – 7.2508*V + 506.71 | Nueva categoría |
| Camiones Pesados Tipo II (EURO I o superior) | PM ₁₀ | | 7.10645*V ^{-0.7054} | Nueva categoría |
| | CO | | 20.504*V ^{-0.6945} | Nueva categoría |
| | HCT | | 20.06*V ^{-0.8774} | Nueva categoría |
| | NO _x | | 63.888*V ^{-0.5859} | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | -1 | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | 44.011 x (CC/12.011 + 1.008 x r H:C) – (ECO/28.011) – (EHCT/13.85) – (EMP/12.011) | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.0875 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | CC | | 1678.7*V ^{-0.4593} (V<60 km/h) 0.051 *V ² – 7.2508*V + 506.71 | Nueva categoría |
| Camiones | PM ₁₀ | | 2.73325*V ^{-0.7054} | Nueva categoría |

| | | | | | |
|--|------------------|---|---|-------------------------|-------------------------|
| Pesados Tipo III (EURO II o superior) | CO | | $16.776 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría | |
| | HCT | | $18.054 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría | |
| | NO _x | | $46.464 * V^{-0.5859}$ | Nueva categoría | |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría | |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría | |
| | CH ₄ | | 0.07875 | Nueva categoría | |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría | |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría | |
| | CC | | $1678.7 * V^{-0.4593} (V < 60 \text{ km/h})$ $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ | Nueva categoría | |
| Camiones Pesados Tipo IV (EURO III o superior) | PM ₁₀ | | $1.913275 * V^{-0.7054}$ | Nueva categoría | |
| | CO | | $11.7432 * V^{-0.6945}$ | Nueva categoría | |
| | HCT | | $12.6378 * V^{-0.8774}$ | Nueva categoría | |
| | NO _x | | $32.5248 * V^{-0.5859}$ | Nueva categoría | |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría | |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría | |
| | CH ₄ | | 0.055125 | Nueva categoría | |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría | |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría | |
| CC | | $1678.7 * V^{-0.4593} (V < 60 \text{ km/h})$ $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$ | Nueva categoría | | |
| Camiones livianos y pesados (*) | PM ₁₀ | $4.2074 v^{-0.7174}$ | | Categoría no comparable | |
| | CO | $18.64 v^{-0.6945}$ | | Categoría no comparable | |
| | HCT | $30.09 v^{-0.8774}$ | | Categoría no comparable | |
| | NO _x | $46.43 v^{-0.7535} (0-60\text{km/h})$ | | | Categoría no comparable |
| | | $0.00077 v^2 - 0.10045 v + 5.346$ | | | Categoría no comparable |
| | CC | $1233.2 v^{-0.6317} (0-60\text{km/h})$ | | | Categoría no comparable |
| | | $0.009 v^2 - 0.277 v + 90.93$ | | | Categoría no comparable |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | | | Categoría no comparable |
| CO ₂ | NE | | | Categoría no comparable | |

| | | | | |
|--|------------------|-----------------------------------|--|-------------------------|
| | CH ₄ | 0.085 | | Categoría no comparable |
| | N ₂ O | 0.03 | | Categoría no comparable |
| | NH ₃ | 0.003 | | Categoría no comparable |
| Camiones pesados (*) | PM ₁₀ | $8.712 v^{-0.7105}$ | | Categoría no comparable |
| | CO | $29.824 v^{-0.6945}$ | | Categoría no comparable |
| | HCT | $32.096 v^{-0.8774}$ | | Categoría no comparable |
| | NO _x | $86.688 v^{-0.6061}$ | | Categoría no comparable |
| | CH ₄ | 0.175 | | Categoría no comparable |
| | N ₂ O | 0.03 | | Categoría no comparable |
| | NH ₃ | 0.003 | | Categoría no comparable |
| | SO ₂ | 2 x CC x Scomb | | Categoría no comparable |
| | CO ₂ | NE | | Categoría no comparable |
| | CC | $1276.1 v^{-0.4744}$ (0-60km/h) | | Categoría no comparable |
| | | $0.03056 v^2 - 4.1304 v + 319.44$ | | |
| (*) : Categoría general utilizada, no comparable con nuevas categorías | | | | |

9.1.3 Buses

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FE PPDA 2000 | FE INVENTARIO 2005 | OBSERVACION |
|---|--------------|----------------------------|---|-------------------------------|
| Buses Transporte Público Convencionales (sin normas de emisión) | PM10 | $12.09253 * V^{(-0.7360)}$ | $12.09253 * V^{-0.7360}$ | No existen diferencias |
| | CO | $59.003 * V^{(-0.7447)}$ | $59.003 * V^{-0.7447}$ | No existen diferencias |
| | HCT | $43.647 * V^{(-1.0301)}$ | $43.647 * V^{-1.0301}$ | No existen diferencias |
| | NOX | $89.174 * V^{(-0.5185)}$ | $89.174 * V^{-0.5185}$ | No existen diferencias |
| | CH4 | 0.175 | 0.175 | No existen diferencias |
| | N2O | 0.03 | 0.03 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.003 | 0.003 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO2 | NE | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| | CC | $1371.6 * V^{(-0.4318)}$ | $864.1 * V^{-0.4318}$ | Factor de emision actualizado |
| Buses Transporte Público EURO I | MP | $5.109585 * V^{(-0.7360)}$ | $5.109585 * V^{-0.7360}$ | No existen diferencias |
| | CO | $29.5015 * V^{(-0.7447)}$ | $29.5015 * V^{-0.7447}$ | No existen diferencias |
| | VOC | $32.73525 * V^{(-1.0301)}$ | $32.73525 * V^{-1.0301}$ | No existen diferencias |
| | NOx | $62.4218 * V^{(-0.5185)}$ | $62.4218 * V^{-0.5185}$ | No existen diferencias |
| | CH4 | 0.175 | 0.13125 | Factor de emision actualizado |
| | N2O | 0.03 | 0.03 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.003 | 0.003 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO2 | NE | $44.011 * (CC/12.011 + 1.008 * r * H:C) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| | CC | $1371.6 * V^{(-0.4318)}$ | $1001.3 * V^{-0.4318}$ | Factor de emision actualizado |
| Buses Transporte Publico EURO II | MP | $3.14436 * V^{(-0.7360)}$ | $3.14436 * V^{-0.7360}$ | No existen diferencias |
| | CO | $23.6012 * V^{(-0.7447)}$ | $23.6012 * V^{-0.7447}$ | No existen diferencias |
| | VOC | $30.5529 * V^{(-1.0301)}$ | $30.5529 * V^{-1.0301}$ | No existen diferencias |
| | NOx | $44.587 * V^{(-0.5185)}$ | $44.587 * V^{-0.5185}$ | No existen diferencias |
| | CH4 | 0.175 | 0.1225 | Factor de emision actualizado |
| | N2O | 0.03 | 0.03 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.003 | 0.003 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |

| | | | | |
|---|--|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| | CO ₂ | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| | CC | $1371.6 * V^{(-0.4318)}$ | $1645.9 * V^{-0.4318}$ | Factor de emision actualizado |
| Buses Transporte Publico EURO III | PM10 | | $2.201052 * V^{-0.7360}$ | Nueva categoria |
| | CO | | $16.52084 * V^{-0.7447}$ | Nueva categoria |
| | HCT | | $21.38703 * V^{-1.0301}$ | Nueva categoria |
| | NOX | | $31.2109 * V^{-0.5185}$ | Nueva categoria |
| | SO2 | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoria |
| | CO2 | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoria |
| | CH4 | | 0.08575 | Nueva categoria |
| | N2O | | 0.03 | Nueva categoria |
| | NH3 | | 0.003 | Nueva categoria |
| | CC | | $1645.9 * V^{-0.4318}$ | Nueva categoria |
| Buses Interurbanos Convencionales (sin normas de emisión) | PM10 | $9.2934 * V^{(-0.7373)}$ | $9.2934 * V^{-0.7373}$ | No existen diferencias |
| | CO | $63.791 * V^{(-0.8393)}$ | $63.791 * V^{-0.8393}$ | No existen diferencias |
| | HCT | $44.217 * V^{-0.8870}$ | $44.217 * V^{-0.8870}$ | No existen diferencias |
| | NOX | $125.87 * V^{(-0.6562)}$ | $125.87 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) | No existen diferencias |
| | | $0.001 * V^2 - 0.1608 * V + 14.308$ | $0.0010 * V^2 - 0.1608 * V + 14.308$ | No existen diferencias |
| | CH4 | 0.175 | 0.175 | No existen diferencias |
| | N2O | 0.03 | 0.03 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.003 | 0.003 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| | CO2 | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | |
| CC | (0-60) $1068 * (V^{-0.4905})$ | $1708 * V^{-0.5396}$ (V<60 km/h) | Factor de emision actualizado | |
| | (60-121) $(0.0126 * (V^2)) - (0.6589 * V) + 141.2$ | $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$ | | |
| Buses Interurbanos Euro I | PM ₁₀ | | $6.04071 * V^{-0.7373}$ | Nueva categoria |
| | CO | | $35.08505 * V^{-0.8393}$ | Nueva categoria |
| | HCT | | $22.1085 * V^{-0.8870}$ | Nueva categoria |
| | NO _x | | $69.2285 * V^{-0.6562}$ (V<60 km/h) | Nueva categoria |
| | | | $0.00055 * V^2 - 0.08844 * V + 7.8694$ | Nueva categoria |
| SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoria | |

| | | | | |
|-----------------------------|------------------|---|---|-----------------|
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.0875 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| | CC | | $1708 \times V^{-0.5396} (V < 60 \text{ km/h})$ $0.0398 \times V^2 - 6.294 \times V + 425$ | Nueva categoría |
| Buses Interurbanos EURO II | PM ₁₀ | | $2.32335 \times V^{-0.7373}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $28.70595 \times V^{-0.8393}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $19.89765 \times V^{-0.8870}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $50.348 \times V^{-0.6562} (V < 60 \text{ km/h})$ | Nueva categoría |
| | | | $0.0004 \times V^2 - 0.06432 \times V + 5.7232$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.07875 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| CC | | $1708 \times V^{-0.5396} (V < 60 \text{ km/h})$ | Nueva categoría | |
| | | $0.0398 \times V^2 - 6.294 \times V + 425$ | | |
| Buses Interurbanos EURO III | PM ₁₀ | | $1.626345 \times V^{-0.7373}$ | Nueva categoría |
| | CO | | $20.0942 \times V^{-0.8393}$ | Nueva categoría |
| | HCT | | $13.928355 \times V^{-0.8870}$ | Nueva categoría |
| | NO _x | | $35.2436 \times V^{-0.6562} (V < 60 \text{ km/h})$ | Nueva categoría |
| | | | $0.00028 \times V^2 - 0.045024 \times V + 4.00624$ | Nueva categoría |
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.055125 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.03 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.003 | Nueva categoría |
| CC | | $1708 \times V^{-0.5396} (V < 60 \text{ km/h})$ | Nueva categoría | |
| | | $0.0398 \times V^2 - 6.294 \times V + 425$ | | |

9.1.4 Motocicletas

| CATEGORIA | CONTAMINANTE | FE PPDA_2000 | FE INVENTARIO 2005 | OBSERVACION |
|-------------------------------------|---|---|--|---|
| Motocicletas 2 tiempos Convencional | CO | $-0.001V^2 + 0.172V + 18.1$ | $-0.001*V^2+0.172*V+18.1$ (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | $0.0001*V^2 - 0.05*V + 21.5$ | |
| | HCT | $0.0035V^2 - 0.409V + 20.1$ | $0.0035*V^2-0.409*V+20.1$ (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | $0.0003*V^2 - 0.0524*V + 10.6$ | |
| | NOX | $0.00003V^2 - 0.002V + 0.064$ | $0.00003*V^2-0.002*V+0.064$ (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | $-0.00002*V^2 - 0.0049*V - 0.157$ | |
| | CH4 | 0.15 | 0.15 | No existen diferencias |
| | N2O | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | No existen diferencias |
| CO2 | NE | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$ | | |
| CC | $(0-60) (0.006*(V^2))- (0.603*V)+44.4$ | $0.006300*V^2-0.6028*V+44.40$ (V<60 km/h) | No existen diferencias | |
| | $(60-121) (-0.0005*(V^2))+ (0.2375*V)+18.2$ | $-0.0005*V^2 + 0.2375*V + 18.2$ | | |
| Motocicletas 2 tiempos Tipo I | CO | | $-0.0063*V^2+0.715*V-6.9$ (V<60 km/h) | Nueva categoria |
| | | | $0.0007*V^2 + 0.157*V + 6.0$ | Nueva categoria |
| | HCT | | $-0.00100*V^2+0.0970*V+3.90$ (V<60 km/h) | Nueva categoria |
| | | | $-0.0003*V^2 + 0.0325*V + 5.2$ | Nueva categoria |
| | NOX | | $0.00002*V^2-0.0010*V+0.032$ (V<60 km/h) | Nueva categoria |
| | | | $-0.00002*V^2 + 0.0041*V - 0.152$ | Nueva categoria |
| | SO2 | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoria |
| CO2 | | $44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) -$ | Nueva categoria | |

| | | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|---|
| | | | (EMP/12.011) | |
| | CH4 | | 0.15 | Nueva categoría |
| | N2O | | 0.002 | Nueva categoría |
| | NH3 | | 0.002 | Nueva categoría |
| | CC | | -0.0011*V ² +0.2008*V+17.8 (V<60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | -0.001*V ² +0.2425*V + 14.6 | |
| Motocicletas 4 tiempos Convencional | CO | 0.0123V ² - 1.19V + 42.8 | 0.0139*V ² -1.42*V+55.0 (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | 0.0009*V ² + 0.0099*V +17.8 | |
| | HCT | 0.0022V ² - 0.257V + 9.28 | 0.0015*V ² -0.164+V+5.51 (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | 0.00001*V ² +0.0005*V + 0.86 | |
| | NOX | 0.00005V ² - 0.0008V + 0.1 | 0.00005*V ² -0.0009*V+0.092 (V<60 km/h) | Considera factor por rango de velocidad |
| | | | 0.00002*V ² +0.0007*V +0.104 | |
| | CH4 | 0.2 | 0.2 | No existen diferencias |
| | N2O | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | NH3 | 0.002 | 0.002 | No existen diferencias |
| | SO2 | 2 x CC x Scomb | 2 x CC x Scomb | |
| CO2 | NE | 44.011 x (CC/12.011 + 1.008 x r H:C) – (ECO/28.011) – (EHCT/13.85) – (EMP/12.011) | | |
| CC | (0-60) (0.029*(V ²))- (3.108*V)+115.9 | 0.02730*V ² -2.8490*V+98.90 (V<60 km/h) | Factor de emision actualizado | |
| | (60-121) (0.002*(V ²))- (0.164*V)+37 | 0.00210*V ² -0.1550*V + 29.20 | | |
| Motocicletas 4 tiempos Tipo I | CO | | 0.00760*V ² -0.7300+V+23.50 (V<60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | 0.001*V ² +0.051*V+0.8 | Nueva categoría |
| | HCT | | 0.00070*V ² -0.0755*V+2.630 (V<60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | 0.00007*V ² - 0.0152*V + 1.19 | Nueva categoría |
| | NO _x | | 0.00005*V ² -0.0007*V+0.137 (V<60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | 0.00002*V ² +0.001*V + 0.143 | Nueva categoría |

| | | | | |
|--|------------------|--|---|-----------------|
| | SO ₂ | | 2 x CC x Scomb | Nueva categoría |
| | CO ₂ | | 44.011 x (CC/12.011 + 1.008 x r H:C) – (ECO/28.011) – (EHCT/13.85) – (EMP/12.011) | Nueva categoría |
| | CH ₄ | | 0.2 | Nueva categoría |
| | N ₂ O | | 0.002 | Nueva categoría |
| | NH ₃ | | 0.002 | Nueva categoría |
| | CC | | 0.02000*V ² -2.0750*V+77.10 (V<60 km/h) | Nueva categoría |
| | | | 0.0013*V ² -0.0391*V + 23.5 | Nueva categoría |

9.1.5 Emisiones Evaporativas de Vehículos

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|--|---|---|---|------------------------|
| Livianos a gasolina sin convertidor catalítico | COV - Diurnal | $9,1 * \exp(0,0158 * (RVP - 61,2) + 0,0574 * (t_{\min} - 22,5) + 0,0614 * (t_{\text{inc}} - 11,7))$ | $9,1 * \exp(0,0158 * (RVP - 61,2) + 0,0574 * (t_{\min} - 22,5) + 0,0614 * (t_{\text{inc}} - 11,7))$ | No existen diferencias |
| | COV - Warm soak | $\exp(-1,644 + 0,01993 * RVP + 0,07521)$ | $\exp(-1,644 + 0,01993 * RVP + 0,07521)$ | No existen diferencias |
| | COV - Hot soak | $3,0042 * \exp(0,02 * RVP)$ | $3,0042 * \exp(0,02 * RVP)$ | No existen diferencias |
| | COV - Hot soak y Warm soak (vehículos con inyección de combustible) | 0,7 | 0,7 | No existen diferencias |
| | COV - Warm Running losses | $0,1 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | $0,1 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | No existen diferencias |
| | COV - Hot Running losses | $0,136 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | $0,136 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$ | No existen diferencias |
| Livianos a gasolina con convertidor catalítico | COV - Diurnal | 0,2 * (no controlado) | 0,2 * (no controlado) | No existen diferencias |
| | COV - Warm soak | $0,2 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 t_a)$ | $0,2 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 t_a)$ | No existen diferencias |
| | COV - Hot soak | $0,3 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 * t_a)$ | $0,3 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 * t_a)$ | No existen diferencias |
| | COV - Hot soak y Warm soak (vehículos con inyección de combustible) | No aplicable | No aplicable | No existen diferencias |
| | COV - Warm Running losses | 0,1 * (no controlado) | 0,1 * (no controlado) | No existen diferencias |
| | COV - Hot Running losses | 0,1 * (no controlado) | 0,1 * (no controlado) | No existen diferencias |

9.1.6 Desgaste de Frenos y Neumaticos

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|---------------------------------|--------------|----------------|-----------|------------------------|
| Vehiculos livianos - FRENOS | MP10 | 0.008125 | 0.008125 | No existen diferencias |
| Vehiculos livianos - NEUMATICOS | MP10 | 0.005 | 0.005 | No existen diferencias |
| Buses - FRENOS | MP10 | 0.008125 | 0.008125 | No existen diferencias |
| Buses - NEUMATICOS | MP10 | 0.005 | 0.005 | No existen diferencias |
| Camiones - FRENOS | MP10 | 0.008125 | 0.008125 | No existen diferencias |
| Camiones - NEUMATICOS | MP10 | 0.0075 | 0.0075 | No existen diferencias |
| Motocicletas - FRENOS | MP10 | 0.008125 | 0.008125 | No existen diferencias |
| Motocicletas - NEUMATICOS | MP10 | 0.005 | 0.005 | No existen diferencias |

9.1.7 Maquinaria Agrícola

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|---------------------|-----------------|----------------------------------|--|---|
| TRACTORES AGRICOLAS | HC, CO, Nox, PM | $E_{i,k} = FE_i * T_k * C_k * W$ | $E_{i,k} = EF_{adj} * T_k * C_k * W$ | En inventario 2005 se considera tipo de tecnología, deterioro, factor de ajuste transiente y nuevos rangos de potencia, por lo tanto no son comparables las metodologías de estimación. |
| | | | | |
| | | | $EF_{adj} (HC, CO, NO_x) = EF_{SS} * TAF * DF$ | |
| | | | $DF = 1 + A * (\text{factor de edad})^b$ | |
| | | | $EF_{adj} (PM) = EF_{SS} * TAF * DF - S_{PMadj}$ | |

9.2 Fuentes Areales

9.2.1 Emisiones de Polvo Fugitivo

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|--|------------------|--|---|---|
| Fuentes móviles en ruta - calle pavimentada | PTS, PM10, PM2,5 | $e = k \left(\frac{Sp}{2} \right)^{0.65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1.5}$ | $e = k \left(\frac{Sp}{2} \right)^{0.65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1.5}$ | Contenido de finos (Sp) actualizado con mediciones DICTUC 2006, valor de k para PM2,5 actualizado según metodología EPA nov-2006 y calculo de W mejorado, calculado por arco. |
| Fuentes móviles en ruta - calle no pavimentada | PTS, PM10, PM2,5 | $e = 1.7 k \left(\frac{s}{12} \right) \left(\frac{v}{48} \right) \left(\frac{w}{2.7} \right)^{0.7} \left(\frac{r}{4} \right)^{0.5} \left(365 - \frac{d}{365} \right)$ | $e = \frac{k \left[\frac{s}{12} \right] \left[\frac{w}{3} \right]}{\left[\frac{m}{0.2} \right]^c}$ | Factor de emision actualizado según metodología EPA 2003 |
| ARIDOS - Chancador primario - Sin mitigacion | PM10 | 0.004 | 0.004 | No existen diferencias |
| ARIDOS - Chancador primario - Con mitigacion | PM10 | 0.00029 | 0.00029 | No existen diferencias |
| ARIDOS - Chancador secundario - Sin mitigacion | PM10 | 0.012 | 0.012 | No existen diferencias |

| | | | | |
|---|------|---------|---------|------------------------|
| ARIDOS - Chancador secundario - Con mitigacion | PM10 | 0.00029 | 0.00029 | No existen diferencias |
| ARIDOS - Chancador terciario - Sin mitigacion | PM10 | 0.001 | 0.001 | No existen diferencias |
| ARIDOS - Chancador terciario - Con mitigacion | PM10 | 0.00029 | 0.00029 | No existen diferencias |

9.2.2 Actividades de Construcción

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|------------------------------|------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| CONSTRUCCION DE EDIFICIOS | PM ₁₀ | 0.0272 | 0,0247 | Factor de emision actualizado |
| | PTS | 0.0420 | 0,0504 | Factor de emision actualizado |
| CONSTRUCCION DE CAMINOS | MP10 | 0,0272 | 0,0247 | Factor de emision actualizado |
| | PTS | 0,042 | 0,0381 | Factor de emision actualizado |

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|-------------------|--------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| GLP | TOC | 87.47 | 87,47 | No existen diferencias |
| | CO | 221.68 | 221,68 | No existen diferencias |
| | NOX | 1090.42 | 1090,42 | No existen diferencias |
| | SO2 | 1.68 | 1,4 | Factor de emision actualizado |
| | MP | 33.55 | 33,55 | No existen diferencias |
| | NH3 | - | 3,780 x 10-3 | Factor de emision actualizado |
| GN – GC | TOC | 180.00 | 180 | No existen diferencias |
| | CO | 640.00 | 640 | No existen diferencias |
| | NOX | 1500.00 | 1500 | No existen diferencias |
| | SO2 | 9.60 | 10 | Factor de emision actualizado |
| | MP | 182.80 | 182,8 | No existen diferencias |
| | NH3 | - | 8,339 x 10-3 | Factor de emision actualizado |
| Kerosene | TOC | 298.73 | 298,73 | No existen diferencias |
| | CO | 599.13 | 599,13 | No existen diferencias |
| | NOX | 2156.88 | 2156,88 | No existen diferencias |
| | SO2 | 4313.76 | 3567,06 | Factor de emision actualizado |
| | MP | 299.57 | 299,57 | No existen diferencias |
| | NH3 | - | 2,64827 x 10-6 | Factor de emision actualizado |
| Leña | TOC | NE | 114.5 | Factor de emision actualizado |
| | CO | 34.8 | 126.3 | Factor de emision actualizado |
| | NOX | 1.44 | 1.3 | Factor de emision actualizado |
| | SO2 | - | 0.18 | Factor de emision actualizado |
| | MP | 7.3 | 17.3 | Factor de emision actualizado |
| | NH3 | 1.088 | 1.088 | No existen diferencias |

9.2.4 Fugas de GLP

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|-------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| GLP - Residencial | VOC | 2.7 % del consumo domiciliario | 3,5 % del consumo domiciliario | Factor de emision actualizado |
| GLP - Comercial | VOC | 1.6 % del consumo comercial | 1,811 % del consumo comercial | Factor de emision actualizado |

9.2.5 Incendios

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|--|--------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Incendios Urbanos (Kg/siniestro) | TOG | 12.3 | 8 | Factor de emision actualizado |
| | NOx | 3.5 | 2,3 | Factor de emision actualizado |
| | SOx | 0 | 0 | Factor de emision actualizado |
| | PM | 9.6 | 6,2 | Factor de emision actualizado |
| | CO | 148.6 | 97 | Factor de emision actualizado |
| Incendios de plantaciones forestales | TOG | 168,12 | 168,12 | No existen diferencias |
| | NOX | 131,13 | 131,13 | No existen diferencias |
| | SOx | 0 | 0 | No existen diferencias |
| | PTS | 571,61 | 571,61 | No existen diferencias |
| | CO | 2790,81 | 2790,81 | No existen diferencias |
| | NH3 | 2,69 | 2,69 | No existen diferencias |
| Incendios de vegetación natural ³ | TOG | 43,71 | 43,71 | No existen diferencias |
| | NOX | ---- | ---- | No existen diferencias |
| | SOx | 0 | 0 | No existen diferencias |
| | PTS | 35,87 | 35,87 | No existen diferencias |
| | CO | 226,4 | 226,4 | No existen diferencias |
| | NH3 | 1,34 | 1,34 | No existen diferencias |

9.2.6 Emisiones Residenciales

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|--|--------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Niños con pañal de género | NH3 | 3126,84 | 3129,84 | Factor de emision actualizado |
| Niños con pañal desechable | NH3 | 163,296 | 163,296 | No existen diferencias |
| Adultos sin planta de tratamiento | NH3 | 22,68 | 22,68 | No existen diferencias |
| Líquidos para limpiar y desmanchadores | VOC | 9,1 | 9,1 | No existen diferencias |
| Cera para pisos | VOC | 35,2 | 35,2 | No existen diferencias |
| Desodorantes ambientales | VOC | 67,3 | 67,3 | No existen diferencias |
| Insecticidas, fumigantes, desinfectantes | VOC | 71,4 | 71,4 | No existen diferencias |
| Desodorantes | VOC | 66,4 | 66,4 | No existen diferencias |

9.2.7 Consumo de Cigarrillos

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|-------------------|--------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Cigarrillos | Alquitrán | - | 16 | Factor de emision actualizado |
| | Nicotina | - | 1 | Factor de emision actualizado |
| | NH3 | 5,2 | 5,2 | No existen diferencias |
| | MP | 17 | 8 | Factor de emision actualizado |

9.2.8 Pinturas

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|-----------------------|--------------|----------------|-----------|------------------------|
| Pintura base agua | VOC | 52,5 | 52,5 | No existen diferencias |
| Pintura base solvente | VOC | 343,62 | 343,62 | No existen diferencias |
| Adelgazante | VOC | 995,97 | 995,97 | No existen diferencias |

9.2.9 Adhesivos en Construcción de Edificios

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|------------------------|--------------|----------------|-----------|------------------------|
| Adhesivo Base solvente | VOC | 558.0 | 558.0 | No existen diferencias |
| Adhesivo Base agua | VOC | 40.8 | 40.8 | No existen diferencias |

9.2.10 Tratamiento de Aguas Servidas

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION |
|------------------------------------|--------------|----------------|-----------|------------------------|
| Plantas de aguas servidas general. | NH3 | 3,3266 | 3,3266 | No existen diferencias |

9.2.11 Crianza de Animales

| Factor de emisión | CONTAMINANTE | FE - PPDA 2000 | FE - 2005 | OBSERVACION | OBSERVACION |
|-------------------------------|--------------|--|--|------------------------|------------------------|
| Alojamientos - Cerdos y aves | NH3 | $\frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365 * 0.5}{1000}$ | $\frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365 * 0.5}{1000}$ | No existen diferencias | No existen diferencias |
| Alojamientos - Otros animales | NH3 | $\frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365}{1000}$ | $\frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365}{1000}$ | No existen diferencias | No existen diferencias |

| | | | | | |
|--------------------------------------|-----|---|---|------------------------|------------------------|
| Aplicación al suelo - Cerdos y aves | NH3 | $\frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorC * FactorG) * 365 * 05]$ $N_{exin} = N_{ex} * FactorC$ | $\frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorC * FactorG) * 365 * 05]$ $N_{exin} = N_{ex} * FactorC$ | No existen diferencias | No existen diferencias |
| Aplicación al suelo - Otros animales | NH3 | $\frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365]$ $N_{exin} = N_{ex} * \left[\frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$ | $\frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365]$ $N_{exin} = N_{ex} * \left[\frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$ | No existen diferencias | No existen diferencias |
| Pastoreo - Cerdos y aves | NH3 | $\frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * (1 - FactorC)$ | $\frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * (1 - FactorC)$ | No existen diferencias | No existen diferencias |
| Pastoreo - Otros animales | NH3 | $\frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * \left[1 - \frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$ | $\frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * \left[1 - \frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$ | No existen diferencias | No existen diferencias |

10 ANEXO III. RESUMEN DE MEDICIONES FUENTES FIJAS 2006

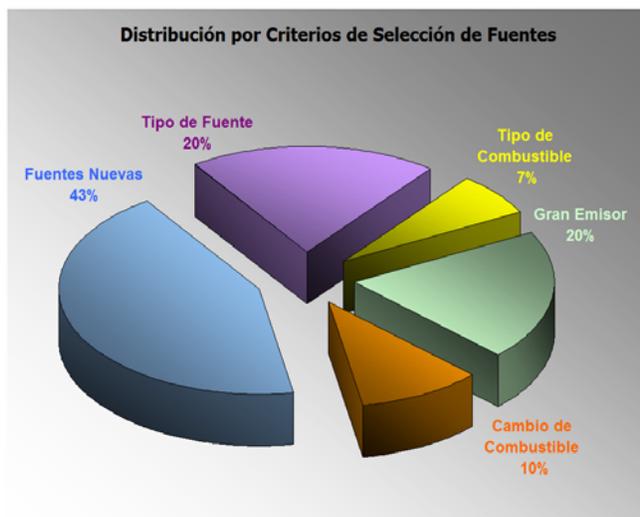
La actualización del inventario de emisiones de fuentes fijas contempló la realización de 30 mediciones en fuentes ubicadas dentro de la Región Metropolitana, como parte de las mejoras del inventario 2000 realizado por DICTUC.

En 15 fuentes se evaluaron las emisiones de CO, CO₂, O₂, SO₂, NO_x, además de caudal y temperatura. En otras 15 fuentes se agregó a los parámetros antes indicados la medición de COV.

Las mediciones fueron coordinadas por la Autoridad Sanitaria, tanto la realización de las visitas previas como de la medición, como para el desarrollo de los muestreos.

Los criterios fueron definidos en conjunto con CONAMA-RM y la Autoridad Sanitaria, para la selección de fuentes a ser evaluadas:

- ❖ **Fuentes nuevas**
- ❖ **Grandes emisores**
- ❖ **Fuentes con cambios de combustible**
- ❖ **Tipos de fuentes que requieren validación de los factores de emisión utilizados**



Dentro de estos criterios se priorizó la selección las fuentes nuevas ya que los grandes emisores poseen metas asignadas y emisiones medianamente conocidas. Además se realizaron mediciones en fuentes fijas que, debido a las restricciones de suministro de gas natural, se encuentran utilizando petróleos pesados; para conocer el escenario actual con el fin de determinar el impacto en emisiones que ha tenido la crisis de suministro de gas natural en la industria, de manera de poder implementar las correcciones necesarias en los inventarios de emisiones.

Las fuentes medidas correspondieron en un 70% a procesos industriales con combustión, un 23% a calderas industriales, un 3% de grupos electrógenos y un 3% a calderas de calefacción.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las 30 mediciones realizadas por el laboratorio autorizado AIRÓN S.A.:

1. Muestreo del Horno Túnel Reg. ASRM N° 3175 de la empresa Refractarios RHI Chile Ltda., correspondiente a una Fuente Nueva del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 25/09/2006 | 3175 | 7,22 | 10,63 | 18,61 | Gran emisor de NO _x |

2. Muestreo de los Hornos de Fusión Reg. ASRM N° 9004 de la empresa MADECO S.A., correspondiente a una Fuente Nueva del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|---|
| 26/09/2006 | 9004 | 3,21 (*) | 0,20 (*) | 3,11 | (*) No validados por problemas de calibración |

3. Muestreo del Horno de Cocción Morando Reg. ASRM N° 3911 de la empresa PRINCESA S.A., correspondiente a una Fuente Nueva del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 29/09/2006 | 3911 | 41,24 (*) | 74,76 | 26,26 | (*) No validado por variación de emisiones fuera de la escala de calibración |

4. Muestreo del Secador Spray Reg. ASRM N° 5006 de la empresa UNILEVER Chile Ltda., correspondiente a una Fuente Nueva del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 11/10/2006 | 5006 | 390,52 (*) | 18,91 | 1,46 | (*) No validado por variación de emisiones fuera de la escala de calibración |

5. Muestreo del Generador Eléctrico Reg. ASRM N° 5874 de la empresa FINNING Chile S.A., correspondiente a una Fuente Nueva del tipo Grupo Electrónico con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 12/10/2006 | 5874 | 31,86 | 0,49 | 6.26 | Este equipo está instalado en la planta WATT'S |

6. Muestreo del Horno Cubilote Reg. ASRM N° 755 de la empresa Fundición Quinta S.A., correspondiente a un tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, es del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Coque Metalúrgico como combustible, con un filtro de mangas como equipo de control; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 19/10/2006 | 755 | 1,56 | 0,60 | 0,04 | Fuente con equipo de control y gran dilución |

7. Muestreo de los Hornos Túnel Reg. ASRM N° 3009 de la empresa Cerámicas Santiago S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 20/10/2006 | 3009 | 339,61 | 140,54 | 10,80 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

8. Muestreo del Secador Spray N° 4 Reg. ASRM N° 5862 de la empresa Cerámicas Santiago S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 25/10/2006 | 5862 | 20,56 | 0,68 | 6,78 | ---- |

9. Muestreo del Horno de Rodillo N° 6 Reg. ASRM N° 5865 de la empresa Cerámicas Santiago S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 26/10/2006 | 5865 | 6,73 | 7,64 | 2,55 | --- |

10. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 1418 de la empresa Agrícola Ariztía Ltda., correspondiente a una Fuente con Cambio de Combustible, que utiliza Petróleo # 6 aditivado con satamín como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 30/10/2006 | 1418 | 0,01 | 54,82 | 32,75 | Gran emisor de NO _x |

11. Muestreo de los Hornos de Calcinación Reg. ASRM N° 2432 de la empresa Sociedad Industrial Romeral S.A., correspondiente a un Gran Emisor, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Petróleo # 6 como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 31/10/2006 | 2432 | 0,50 | 15,27 | 29,05 | Gran emisor de NO _x |

12. Muestreo de la Caldera de Calefacción Reg. ASRM N° 4040 de la empresa Aguas Andinas S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, que utiliza Biogás como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| 10/11/2006 | 4040 | 102,11 ^(*) | 7,89 | 4,04 | ^(*) No validado por problemas de calibración |

13. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 1020 de la empresa Agrícola Ariztía S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, que utiliza Petróleo # 6 como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 22/11/2006 | 1020 | 0,28 | 125,83 | 47,30 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

14. Muestreo de la Antorcha de Quema de Biogás Reg. ASRM N° 6750 de la empresa Aconcagua S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Metano (Biogas) como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 03/11/2006 | 6750 | 9,64 | 0,36 | 1,30 (*) | 2,20 | (*) No validado por problemas de calibración |

15. Muestreo del Horno Cerámico N° 1 Reg. ASRM N° 44 de la empresa FANALOZA S.A., correspondiente al tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 29/11/2006 | 44 | 18,64 | 4,84 | 0,20 (*) | 6,66 | (*) No validado por problemas de calibración |

16. Muestreo de la Caldera Industrial de agua caliente Reg. ASRM N° 452 de la empresa Malterías Unidas S.A., correspondiente al tipo de fuente seleccionada por el tipo de combustible utilizado que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, que utiliza Carboncillo como combustible, con filtro de mangas como equipo de control; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 01/12/2006 | 452 | 21,66 | 65,73 | 0,30 | 25,86 | Gran emisor de NO _x |

17. Muestreo del Horno Convector Reg. ASRM en trámite de la empresa Bravo Energy S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Propano como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| 04/12/2006 | En Trámite | 1,26 | 60,41 | 0,12 | 9,71 | --- |

18. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 796 de la empresa Papeles Cordillera S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo correspondiente al tipo de fuente seleccionada por el tipo de combustible utilizado que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios que utiliza Petróleo # 5 aditivado como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 05/12/2006 | 796 | 15,66 | 460,93 | 0,15 | 351,78 | Gran emisor de NO _x |

19. Muestreo del Sistema Hornos de Secado Reg. ASRM N° 9000 de la empresa R.R. Donnelley Ltda., correspondiente a un tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, con pos quemador como equipo de control, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 06/12/2006 | 9000 | 0,36 | 0,49 | 0,09 | 0,44 | Fuente medida a 50% por falta de requerimiento |

20. Muestreo de los Hornos de Tostación, Reg. ASRM N°s 174-277-401-1952 de la empresa MOLYMET S.A., correspondiente a un Gran Emisor, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Petróleo Diesel como combustible, y con la planta de ácido como equipo de control de las emisiones de SO₂; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 11/12/2006 | 174-277-401-1952 | 204,77 | 4.612,31 | 3,87 | 12,84 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

21. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 2056 de la empresa Vapores Industriales S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, que utiliza Aserrín y Biomasa como combustible, con ciclones y precipitador electrostático como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 12/12/2006 | 2056 | 12,07 | 13,46 | 0,00 | 58,47 | Gran emisor de NO _x |

22. Muestreo del Horno Cubilote Reg. ASRM N° 219 de la empresa Compañía Industrial El Volcán S.A., correspondiente a una Fuente Nueva, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Coque Metalúrgico como combustible, con un filtro de mangas como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 13/12/2006 | 219 | --- | 68,17 | 1,42 | 8,18 | Gran emisor de NO _x |

23. Muestreo de los Hornos de Fusión N° 1 y 2 Reg. ASRM N°s 5131-949 de la empresa Cristalerías Toro S.A.I.C, correspondiente a una Fuente con Cambio de Combustible del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Petróleo # 6 como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 14/12/2006 | 5131-949 | 23,50 | 299,74 | 0,00 | 228,10 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

24. Muestreo del Horno Rotatorio N° 2 Reg. ASRM N° 766 de la empresa SOPROCAL S.A., correspondiente a un Gran Emisor, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Carbón Bituminoso como combustible, con un precipitador electrostático como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 19/12/2006 | 766 | 43,19 | 11,88 | --- | 179,18 | Gran emisor de NO _x |

25. Muestreo de los Hornos de Fundición de Vidrio Reg. ASRM N°s 1794-5523-681-2236 de la empresa Cristalerías Chile S.A., correspondiente a un Gran Emisor, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, con un precipitador electrostático como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|--------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 20/12/2006 | 1794-5523-681-2236 | 9,83 | 801,25 | 0,00 | 1.048,38 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

26. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 1460 de la empresa Papeles Industriales S.A., correspondiente a un tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, que utiliza Carbón como combustible, con un filtro de mangas como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|
| 21/12/2006 | 1460 | 9,26 | 109,51 | 0,00 | 16,83 | Gran emisor de NO _x y SO ₂ |

27. Muestreo de las Líneas de Impresión Reg. ASRM N° 4023 de la empresa COPESA S.A., correspondiente a un tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------------|
| 29/12/2006 | 4023 | 0,91 | 0,00 | 8,24 | 0,39 | --- |

28. Muestreo de la Caldera Industrial Reg. ASRM N° 1859 de la empresa Agrosuper S.A., correspondiente a una Fuente con Cambio de Combustible, que utiliza Petróleo # 6, con un filtro de mangas como equipo de control de las emisiones de material particulado; en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 02/01/2007 | 1859 | 1,13 | 86,45 | 0,00 | 45,81 | Gran emisor de NO _x |

29. Muestreo del Horno de Asfalto Reg. ASRM N° 724 de la empresa Bitumix S.A., correspondiente a un Gran Emisor, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Gas Natural como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 03/01/2007 | 724 | 541,10 | 0,00 | 4,16 | 9,68 | Gran emisor de NO _x |

30. Muestreo del Horno Circular Reg. ASRM N° 1193 de la empresa Cerámicas Batuco S.A., correspondiente a un tipo de fuente que requiere validación de los factores de emisión utilizados en otros inventarios, del tipo Proceso Industrial con Combustión que utiliza Leña como combustible, en ésta fuente se obtuvieron los siguientes resultados:

| Fecha | Reg. ASRM | CO (T/año) | SO ₂ (T/año) | COV (T/año) | NO _x (T/año) | Comentario |
|------------|-----------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| 05/01/2007 | 1193 | 5,80 | 492,36 | 0,06 | 2,02 | Gran emisor de SO ₂ |

11 ANEXO IV. LISTADO DE CATEGORÍAS VEHICULARES EN MODEM Y SU DESCRIPCIÓN

A continuación se describen las 61 categorías originales del MODEM y en aquellos casos en que se hace diferencia entre regiones, estas se detallan para su comprensión y análisis.

- **Buses Licitados Urbanos Diesel VTT** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993 (esto es para RM). Se trata de Vehículos con Tecnología Tradicional (VTT) que no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones distintas a la R.M, la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comienza a regir en el año 1994.
- **Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. El D.S. 82/93 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece que a partir del primero de septiembre de 1993, todos los vehículos de este tipo que se inscriban deberán cumplir con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro I europeo. De acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses de servicio urbano cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.
- **Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. De acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses de servicio urbano cuyo año de fabricación es igual o posterior a 1999.
- **Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.

- **Buses Licitados Urbanos a Gas** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos buses deben cumplir, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Licitados Urbanos Híbridos** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) del tipo híbrido (diesel eléctrico o gas eléctrico). Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Licitados Urbanos Otros** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar buses urbanos con tecnología híbrida, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Particulares** Corresponden a buses destinados al transporte privado de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) que no caen dentro de las alternativas anteriores. Se trata de buses institucionales o privados que no tienen recorrido definido ni son licitados por la autoridad.
- **Buses Interurbanos Diesel Convencional.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993. No cumplen ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones distintas a la R.M. la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comienza a regir en el año 1994.
- **Buses Interurbanos Diesel Tipo 1.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se

encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo. De acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.

- **Buses Interurbanos Diesel Tipo 2.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. De acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación es igual o posterior a 1999
- **Buses Interurbanos Diesel Tipo 3.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Interurbanos Otros** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar buses interurbanos con tecnología híbrida, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Rurales Diesel Convencional.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993. No cumplen ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones distintas a la R.M. la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comienza a regir en el año 1994.
- **Buses Rurales Diesel Tipo 1.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. Cumplen con un estándar de

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

272

emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo. De acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.

- **Buses Rurales Diesel Tipo 2.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses con fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. De acuerdo con el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses con año de fabricación es igual o posterior a 1999
- **Buses Rurales Diesel Tipo 3.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Buses Rurales Otros** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar buses rurales con tecnología híbrida, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- **Camiones livianos Diesel Convencional.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- **Camiones livianos Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo.

- **Camiones livianos Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o Euro II Europeo.
- **Camiones livianos Diesel Tipo 3.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III.
- **Camiones livianos a Gas** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III.
- **Camiones livianos Otros** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- **Camiones Medianos Diesel Convencional.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- **Camiones Medianos Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo.
- **Camiones Medianos Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o Euro.II europeo.
- **Camiones Medianos Diesel Tipo 3.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III.

- **Camiones Medianos a Gas** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III.
- **Camiones Medianos Otros** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- **Camiones Pesados Diesel Convencional.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- **Camiones Pesados Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro I europeo.
- **Camiones Pesados Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o Euro II europeo.
- **Camiones Pesados Diesel Tipo 3.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas. Cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III.
- **Camiones Pesados Otros** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.

- ***Vehículos particulares catalíticos tipo 1.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape.
- ***Vehículos particulares catalíticos tipo 2.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon que cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y cumplen con EPA 94 federal o la Euro III.
- ***Vehículos particulares No catalíticos.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon y que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- ***Vehículos particulares a Gas*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Cumplen con la normativa EPA 94 federal o la Euro III.
- ***Vehículos particulares Otros*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos de alquiler catalíticos tipo 1.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape.
- ***Vehículos de alquiler catalíticos tipo 2*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y cumplen con la normativa EPA 94 federal o la Euro III.
- ***Vehículos de alquiler No catalíticos.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que no cuentan con el dispositivo

convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.

- ***Vehículos de alquiler a Gas*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP) Cumplen con la normativa EPA 94 federal o la Euro III.
- ***Vehículos de alquiler Otros*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 1.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y que cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape.
- ***Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 2.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y cumplen con la normativa EPA 94 federal o la Euro III.
- ***Vehículos Comerciales No catalíticos.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. Estos no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- ***Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón. Se consideran sin sello verde aquellos vehículos nuevos cuyo año de ingreso al país sea anterior a septiembre de 1992, y con sello aquellos con fecha de ingreso al país mayor a septiembre 1993.
- ***Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón que cumplen con la normativa EPA 94 federal o Euro III.

- ***Vehículos Comerciales a Gas*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos vehículos cumplen con la normativa EPA 94 federal o Euro III.
- ***Vehículos Comerciales Otros*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1.*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape.
- ***Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo. Que cuenten con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y cumplen con la normativa EPA 94 federal o Euro III.
- ***Taxis Colectivos No catalíticos.*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- ***Taxis Colectivos a Gas*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos vehículos cumplen con la normativa EPA 94 federal o Euro III.
- ***Taxis Colectivos Otros*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en el MODEM, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.

- ***Motocicleta de Dos Tiempos Convencional.*** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos y que no cumplen ninguna norma de emisión.
- ***Motocicleta de Dos Tiempos Tipo 1.*** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos. Estos vehículos cumplen con la normativa Euro I.
- ***Motocicleta de Cuatro Tiempos Convencional.*** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de cuatro tiempos y que no cumplen ninguna norma de emisión.
- ***Motocicleta de Cuatro Tiempos Tipo 1.*** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de cuatro tiempos. Estos vehículos cumplen con la normativa Euro I.

12 ANEXO V. FACTORES DE EMISIÓN VEHÍCULOS LIVIANOS CON DETERIORO PARA ESCENARIO 2005

A continuación se muestran los factores de emisión con deterioro, evaluados a una velocidad promedio de 40 km/hora.

Factores de emisión para vehículos livianos con factor de deterioro para el año 2005

| CATEGORIA VEHICULAR | COMBUSTIBLE | CONTAMINANTE | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 |
|---------------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Particulares | Gasolina | CO | 26,76 | 26,23 | 25,72 | 25,21 | 24,72 | 24,23 | 23,76 | 23,29 | 22,84 | 22,39 | 21,95 | 21,52 |
| Particulares | Gasolina | NOX | 4,58 | 4,40 | 4,23 | 4,07 | 3,91 | 3,76 | 3,62 | 3,48 | 3,35 | 3,22 | 3,09 | 2,97 |
| Particulares | Gasolina | HCT | 2,02 | 1,98 | 1,94 | 1,90 | 1,86 | 1,83 | 1,79 | 1,76 | 1,72 | 1,69 | 1,66 | 1,62 |
| Particulares | Diesel | CO | 1,21 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,10 |
| Particulares | Diesel | NOX | 4,17 | 4,08 | 3,99 | 3,90 | 3,81 | 3,73 | 3,65 | 3,58 | 3,50 | 3,43 | 3,37 | 3,30 |
| Particulares | Diesel | HCT | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 |
| Comerciales | Gasolina | CO | 50,08 | 49,59 | 49,09 | 48,61 | 48,13 | 47,65 | 47,18 | 46,71 | 46,25 | 45,79 | 45,34 | 44,89 |
| Comerciales | Gasolina | NOX | 6,59 | 6,28 | 5,98 | 5,69 | 5,42 | 5,16 | 4,92 | 4,68 | 4,46 | 4,25 | 4,05 | 3,85 |
| Comerciales | Gasolina | HCT | 6,88 | 6,68 | 6,49 | 6,30 | 6,11 | 5,94 | 5,76 | 5,59 | 5,43 | 5,27 | 5,12 | 4,97 |
| Comerciales | Diesel | CO | 2,91 | 2,90 | 2,89 | 2,88 | 2,86 | 2,85 | 2,84 | 2,83 | 2,81 | 2,80 | 2,79 | 2,78 |
| Comerciales | Diesel | NOX | 4,63 | 4,49 | 4,37 | 4,24 | 4,13 | 4,02 | 3,91 | 3,81 | 3,72 | 3,63 | 3,54 | 3,46 |
| Comerciales | Diesel | HCT | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 |
| Taxi Basicos | Gasolina | CO | 26,76 | 26,23 | 25,72 | 25,21 | 24,72 | 24,23 | 23,76 | 23,29 | 22,84 | 22,39 | 21,95 | 21,52 |
| Taxi Basicos | Gasolina | NOX | 4,58 | 4,40 | 4,23 | 4,07 | 3,91 | 3,76 | 3,62 | 3,48 | 3,35 | 3,22 | 3,09 | 2,97 |
| Taxi Basicos | Gasolina | HCT | 2,02 | 1,98 | 1,94 | 1,90 | 1,86 | 1,83 | 1,79 | 1,76 | 1,72 | 1,69 | 1,66 | 1,62 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | CO | 26,76 | 26,23 | 25,72 | 25,21 | 24,72 | 24,23 | 23,76 | 23,29 | 22,84 | 22,39 | 21,95 | 21,52 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | NOX | 4,58 | 4,40 | 4,23 | 4,07 | 3,91 | 3,76 | 3,62 | 3,48 | 3,35 | 3,22 | 3,09 | 2,97 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | HCT | 2,02 | 1,98 | 1,94 | 1,90 | 1,86 | 1,83 | 1,79 | 1,76 | 1,72 | 1,69 | 1,66 | 1,62 |

Fte: Estudio "Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana"

Factores de emisión para vehículos livianos con factor de deterioro para el año 2005 (Continuación).

| CATEGORIA VEHICULAR | COMBUSTIBLE | CONTAMINANTE | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Particulares | Gasolina | CO | 7,36 | 5,48 | 3,60 | 2,00 | 1,79 | 1,75 | 1,49 | 1,15 | 0,94 | 0,63 | 0,75 | 0,55 | 0,52 |
| Particulares | Gasolina | NOX | 0,92 | 0,73 | 0,55 | 0,37 | 0,29 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| Particulares | Gasolina | HCT | 0,73 | 0,47 | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| Particulares | Diesel | CO | 0,55 | 0,51 | 0,47 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | 0,35 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,18 |
| Particulares | Diesel | NOX | 1,67 | 1,54 | 1,41 | 1,29 | 1,19 | 1,09 | 1,00 | 0,74 | 0,68 | 0,62 | 0,57 | 0,39 | 0,36 |
| Particulares | Diesel | HCT | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| Comerciales | Gasolina | CO | 17,31 | 16,33 | 15,41 | 14,54 | 7,13 | 6,73 | 6,35 | 5,99 | 5,65 | 5,33 | 5,03 | 3,97 | 3,75 |
| Comerciales | Gasolina | NOX | 0,88 | 0,78 | 0,70 | 0,62 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,03 | 0,03 |
| Comerciales | Gasolina | HCT | 0,55 | 0,53 | 0,52 | 0,50 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,03 |
| Comerciales | Diesel | CO | 1,33 | 1,26 | 1,19 | 1,12 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,68 | 0,58 | 0,55 |
| Comerciales | Diesel | NOX | 1,88 | 1,68 | 1,50 | 1,34 | 1,20 | 1,07 | 0,95 | 0,69 | 0,61 | 0,55 | 0,49 | 0,33 | 0,29 |
| Comerciales | Diesel | HCT | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,07 | 0,07 |
| Taxi Basicos | Gasolina | CO | 7,36 | 5,48 | 3,60 | 2,00 | 1,79 | 1,75 | 1,49 | 1,15 | 0,94 | 0,63 | 0,75 | 0,55 | 0,52 |
| Taxi Basicos | Gasolina | NOX | 0,92 | 0,73 | 0,55 | 0,37 | 0,29 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| Taxi Basicos | Gasolina | HCT | 0,73 | 0,47 | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | CO | 7,36 | 5,48 | 3,60 | 2,00 | 1,79 | 1,75 | 1,49 | 1,15 | 0,94 | 0,63 | 0,75 | 0,55 | 0,52 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | NOX | 0,92 | 0,73 | 0,55 | 0,37 | 0,29 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| Taxi Colectivos | Gasolina | HCT | 0,73 | 0,47 | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |

Fte: Estudio "Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana"