

Programa Piloto para el Sistema de Compensaciones de la Región Metropolitana

Diseño de Metodologías de Compensación de Emisiones para Chatarrización de Fuentes Móviles

Luis Abdón Cifuentes Lira

INFORME FINAL
Santiago, 28 de Agosto de 2009

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	1-9
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	2-10
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2-10
2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO.....	2-10
3. DEFINICIÓN PROGRAMA PILOTO DE CHATARRIZACIÓN	3-11
3.1 ETAPAS DEL PROGRAMA	3-11
3.1.1 Proyecto de chatarrización.....	3-12
3.1.2 Vehículos a chatarrizar	3-13
3.2 ELABORACIÓN METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES	3-21
3.2.1 Formulación de la metodología.....	3-21
3.2.2 Información disponible.....	3-25
3.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	3-38
3.4 MONITOREO DEL PROGRAMA	3-41
3.5 FICHA TÉCNICA	3-43
4. CÁLCULO REDUCCIÓN DE EMISIONES	4-45
4.1 CASO PILOTO.....	4-45
4.1.1 Parque	4-45
4.1.2 Reducción de emisiones	4-46
4.2 SECTOR.....	4-47
4.2.1 Parque	4-47
4.2.2 Reducción de emisiones.....	4-48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	5-49
6. GLOSARIO	6-52
7. REFERENCIAS	7-53
8. ANEXOS.....	8-56
8.1 EXPERIENCIA INTERNACIONAL.....	8-57
8.1.1 EE.UU.....	8-57
8.1.2 Canadá.....	8-60
8.1.3 Europa	8-61
8.1.4 Latinoamérica y el Caribe	8-68
8.2 DETALLE DEL PROGRAMA PARA REPORTE COMPUTACIONAL.....	8-74
8.3 LISTA DE COMPONENTES REQUERIDOS PARA REVISIÓN FÍSICA	8-77
8.4 LISTA DE COMPONENTES NO RECICLABLES NI REUTILIZABLES	8-77
8.5 RECICLAJE DE COMPONENTES DEL VEHÍCULO	8-78
8.5.1 Acero.....	8-78
8.5.2 Baterías.....	8-79
8.5.3 Aceites.....	8-81
8.5.4 Neumáticos	8-83
8.5.5 Plásticos.....	8-84
8.5.6 Vidrio del automóvil	8-86
8.6 FACTORES DE EMISIÓN	8-86
8.6.1 Fórmulas Copert 4.....	8-86
8.6.2 Matriz de asignación norma-año.....	8-91
8.6.3 Excepciones en la matriz de asignación norma-año.....	8-92
8.6.4 Asignación EPA EURO para factores de emisión	8-92
8.6.5 Factores de deterioro.....	8-93

8.7	FORMULACIÓN PROBABILIDAD DE VIDA.....	8-96
8.8	REDUCCIÓN DE EMISIONES ANUALES	8-97
8.9	REDUCCIÓN DE EMISIONES SEGÚN (DICTUC 2007).....	8-100
8.10	DISCUSIÓN DIFERENCIAS FE COPERT 4 Y (DICTUC 2007)	8-104

Lista de Tablas

Tabla 3-1: Años esperados de vida según rango año de fabricación ($t_0=2009$).....	3-33
Tabla 3-2: Distancia recorrida anualmente por vehículos pesados (km. por año).....	3-33
Tabla 3-3: Parámetros curva kilómetros recorridos al año en función de la antigüedad del vehículo por combustible.....	3-34
Tabla 3-4: Parámetros utilizados para la estimación del nivel de actividad según tipo y categoría de vehículo.....	3-35
Tabla 3-5: Factores de emisión de CO ₂ según componente reciclado.....	3-36
Tabla 3-6: Toneladas de materias primas procesadas por Gerdau Aza en período 2003-2006.....	3-36
Tabla 3-7: Emisiones anuales de NO ₂ y MP de Gerdau Aza (ton/año).....	3-37
Tabla 3-8: Factores de emisión de NO ₂ y MP (kg/ton chatarrizada).....	3-37
Tabla 3-9: Peso de vehículo según categoría (ton).....	3-37
Tabla 3-10: Factores de emisión de contaminantes por vehículo chatarrizado por categoría de vehículo (grs/veh).....	3-38
Tabla 3-11: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.....	3-39
Tabla 3-12: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.....	3-39
Tabla 3-13: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.....	3-40
Tabla 3-14: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.....	3-40
Tabla 3-15: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.....	3-40
Tabla 3-16: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.....	3-40
Tabla 3-17: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.....	3-41
Tabla 4-1: Lista de camiones entregados por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.....	4-45
Tabla 4-2: Lista de camiones caso piloto.....	4-46
Tabla 4-3: Lista de vehículos livianos caso piloto.....	4-46
Tabla 4-4: Reducción de emisiones caso piloto para camiones (ton).....	4-46
Tabla 4-5: Reducción de emisiones caso piloto para vehículos livianos (ton).....	4-47
Tabla 4-6: Parque Camiones RM.....	4-47
Tabla 4-7: Parque Vehículos Livianos RM.....	4-47
Tabla 4-8: Reducción de emisiones del sector para camiones (ton).....	4-48
Tabla 4-9: Reducción de emisiones del sector para vehículos livianos (ton).....	4-48
Tabla 8-1: Año Límite de Fabricación y Monto de incentivos en programas del Estado de California.....	8-58
Tabla 8-2: Incentivos del programa Nacional de retiro de vehículos de EE.UU.....	8-60
Tabla 8-3: Programas de Chatarrización en Canadá.....	8-60
Tabla 8-4: Países europeos que han empleado programas de chatarrización.....	8-62
Tabla 8-5: Ahorro en emisiones según tipo de auto (ton).....	8-66

Tabla 8-6: Incentivo monetario por tipo de vehículo considerado en el Programa de Chatarrización de México, definido en el Decreto de Modernización (DOF).....	8-69
Tabla 8-7: Número de vehículos chatarrizados en Ecuador durante el año 2008.....	8-71
Tabla 8-8: Incentivo monetario por tipo de vehículo considerado en el Programa de Chatarrización de Ecuador, definido en el Decreto 1145 en USD.	8-72
Tabla 8-9 : Requisitos exigidos a un vehículo a chatarrizar para aprobar cada etapa	8-74
Tabla 8-10: Datos requeridos y documentos a ingresar por el proponente en la etapa de inscripción.....	8-75
Tabla 8-11: Estados y descripción de cada etapa del Programa por vehículo.....	8-76
Tabla 8-12: Composición aproximada de una batería de plomo fuera de uso.....	8-80
Tabla 8-13: Factores de emisión de proceso secundario de producción de plomo.....	8-81
Tabla 8-14: Composición promedio de fluidos de un automóvil	8-82
Tabla 8-15: Contaminantes presentes en aceites según tipo de motor.....	8-82
Tabla 8-16: Composición de un neumático	8-83
Tabla 8-17: Emisiones por uso de neumáticos como fuente de energía en industria cementera... 8-84	
Tabla 8-18: Constantes para la Ecuación 8-1. Vehículos Livianos particulares gasolina.	8-87
Tabla 8-19: Constantes para la Ecuación 8-3. Vehículos Livianos particulares diesel.	8-88
Tabla 8-20: Factores de emisión para vehículos livianos comerciales (gr/km).....	8-89
Tabla 8-21: Factores de emisión para vehículos livianos (mg/km)	8-89
Tabla 8-22: Asignación norma-año para camiones	8-91
Tabla 8-23: Ponderadores de ajuste para la asignación de años a las normas pre-EURO para vehículos livianos.....	8-92
Tabla 8-24: Asignación de normas EURO a normas EPA	8-93
Tabla 8-25: Deterioro para vehículos livianos Euro I y Euro II por contaminante y ciclo de conducción.....	8-94
Tabla 8-26: Deterioro para vehículos livianos Euro III y Euro IV por contaminante y ciclo de conducción.....	8-95
Tabla 8-27: Deterioro anual (% por año) para vehículos livianos	8-95
Tabla 8-28: Deterioro anual (% por año) para camiones.....	8-96
Tabla 8-29: Probabilidad de supervivencia por categoría y tipo de vehículo.....	8-96
Tabla 8-30: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-98
Tabla 8-31: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-98
Tabla 8-32: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.....	8-98
Tabla 8-33: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.....	8-99
Tabla 8-34: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.....	8-99
Tabla 8-35: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.....	8-99
Tabla 8-36: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.....	8-99

Tabla 8-37: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-100
Tabla 8-38: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-100
Tabla 8-39: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.....	8-100
Tabla 8-40: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.....	8-101
Tabla 8-41: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.....	8-101
Tabla 8-42: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.....	8-101
Tabla 8-43: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.....	8-101
Tabla 8-44: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-102
Tabla 8-45: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.....	8-102
Tabla 8-46: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.....	8-102
Tabla 8-47: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.....	8-103
Tabla 8-48: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.....	8-103
Tabla 8-49: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.....	8-103
Tabla 8-50: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.....	8-103

Lista de Figuras

Figura 3-1: Etapas generales de un proyecto de chatarrización.....	3-11
Figura 3-2: Etapas de un vehículo a chatarrizar.....	3-14
Figura 3-3: Diagrama general de proceso de reciclaje de vehículos	3-17
Figura 3-4: Proceso de desarme de vehículo	3-18
Figura 3-5: Composición vehículos livianos producidos en la UE al año 1998.....	3-19
Figura 3-6: Comparación caso base y con proyecto	3-23
Figura 3-7: Comparación metodologías de cálculo de reducción de emisiones: Original v/s simplificada.....	3-25
Figura 3-8: Inputs para cálculo de reducción emisiones del programa de chatarrización	3-26
Figura 3-9: Curvas de supervivencia modificadas según tipo de vehículo y categoría	3-31
Figura 3-10: Probabilidad de vida de un vehículo liviano particular de 20 años de antigüedad, dado que está vivo en $t_0=0$	3-32
Figura 3-11: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad para vehículos livianos.....	3-34
Figura 3-12: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad para vehículos livianos a gasolina. Curvas Caserinia, Giugliano et al. 2008 vs Lepeley y Cifuentes (1998).....	3-35
Figura 3-13: Ejemplo Ficha Técnica-Datos Generales del Proyecto.....	3-43
Figura 3-14: Ejemplo Ficha Técnica- Estado del Proyecto	3-44
Figura 8-1: Ejemplo Planilla de inscripción al programa de chatarrización.....	8-76
Figura 8-2: Factores de emisión de producción de acero en horno eléctrico.....	8-79
Figura 8-3: Composición de plásticos en un auto promedio.....	8-85
Figura 8-4: Curvas de supervivencia según tipo de vehículo y categoría.....	8-97
Figura 8-5: Comparación de reducción de emisiones entre Copert 4 y (Dictuc 2007) para NOx para vehículos livianos.....	8-104
Figura 8-6: Comparación de reducción de emisiones entre Copert 4 y (Dictuc 2007) para COV para vehículos livianos.....	8-105

Lista de Ecuaciones

Ecuación 3-1	3-21
Ecuación 3-2	3-22
Ecuación 3-3	3-22
Ecuación 3-4	3-23
Ecuación 3-5	3-23
Ecuación 3-6	3-24
Ecuación 3-7	3-29
Ecuación 3-8	3-30
Ecuación 3-9	3-33
Ecuación 8-1	8-86
Ecuación 8-2	8-87
Ecuación 8-3	8-87
Ecuación 8-4	8-90
Ecuación 8-5	8-90
Ecuación 8-6	8-90
Ecuación 8-7	8-90
Ecuación 8-8	8-90
Ecuación 8-9	8-90
Ecuación 8-10	8-90

1. Introducción

La investigación y regulación acerca del material particulado y sus efectos en salud han tenido un crecimiento explosivo a nivel mundial durante los últimos 15 años, como consecuencia de la gran preocupación que existe en el mundo por los niveles de contaminación atmosférica y la evidencia que existe con respecto a sus efectos en la salud de la población expuesta a ellos.

El instrumento de gestión ambiental utilizado ampliamente en el mundo entero para regular la contaminación corresponde a las normas primarias de calidad ambiental, que definen un nivel máximo de concentración al cuál se expone a la población y cuyo objetivo general es proteger la salud de ésta¹. Con el tiempo, sin embargo, ha quedado claro que este enfoque para el control de la contaminación es excesivamente costoso en algunas circunstancias (Tietenberg 1985) e incapaz de alcanzar los objetivos estipulados en otras (Tietenberg 1995). Tietenberg et al. (1998) menciona una segunda etapa en el control de la contaminación que considera la utilización de mecanismos de mercado.

A nivel nacional, existe un programa priorizado de normas y reglamentos para la generación de normas ambientales y planes de descontaminación, que establece que en forma periódica se deben revisar y actualizar tales instrumentos regulatorios. En su primera actualización global, realizada en el año 2004, se incorpora, además de las medidas de comando y control, la aplicación de mecanismos económicos: las metas asignadas al sector industrial pueden ser alcanzadas a través de la compensación con otras fuentes.

Por otra parte, el Capítulo VI Exigencias de Reducción de Emisiones para el Sector Industrial y Comercial, del D.S. N°58/2004, de Minsegres, indica que los proyectos o actividades nuevas deberán compensar sus emisiones, bajo la figura de un “plan de compensación de emisiones”.

Es en este contexto que la chatarrización de fuentes móviles se convierte en una vía para que fuentes que estén obligadas a cumplir metas de reducción de emisiones puedan alcanzarlas a través de un mecanismo de compensación; ya que este programa de retiro genera disminuciones en las emisiones al reemplazar un vehículo antiguo por un vehículo nuevo de similares características. De esta forma, el presente documento presenta una propuesta de elaboración de una metodología de compensación de emisiones locales y globales (gases efecto invernadero) para un proyecto de chatarrización en fuentes móviles, con el objetivo de promover y facilitar la reducción de contaminantes atmosféricos locales y gases efecto invernadero (GEI) en la Región Metropolitana de Santiago.

¹ El lenguaje con que la legislación de cada país establece este objetivo difiere, pero en general, el objetivo es el mismo

2. Objetivos y alcance

El objetivo general del presente estudio consiste en desarrollar una metodología de compensación de emisiones locales y globales (gases efecto invernadero) a través de un programa de chatarrización de fuentes móviles (vehículos livianos y camiones), que promueva la modernización de vehículos, mejorando la eficiencia energética y facilitando la reducción de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana de Santiago.

2.1 Objetivos específicos

1. Analizar la experiencia Internacional con respecto al desarrollo de programas de Chatarrización en Europa, Estados Unidos y Latinoamérica y el Caribe.
2. Definir los requisitos y procedimientos para la implementación de un programa de Chatarrización en Chile.
3. Contar con metodologías de reducción para un proyecto de reducción de emisiones que se puede replicar dentro del sector al cual pertenece el proyecto.
4. Desarrollar procedimientos para estimar y certificar emisiones, captura y/o abatimiento de emisiones globales y locales para un proyecto de chatarrización de vehículos livianos y pesados.
5. Contribuir con casos pilotos para el sistema de compensación de emisiones entre fuentes de la Región Metropolitana.

Para una mejor lectura del documento en anexos se incluye la revisión de bibliografía internacional (objetivo n°1).

2.2 Alcance del estudio

El alcance del Estudio es por una parte de carácter regional, ya que considera el desarrollo de un sistema de compensación de emisiones locales para un proyecto de chatarrización de fuentes móviles de la RM, y por otra parte de carácter global, ya que también considera emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que contribuyen al proceso de calentamiento global.

3. Definición programa piloto de chatarrización

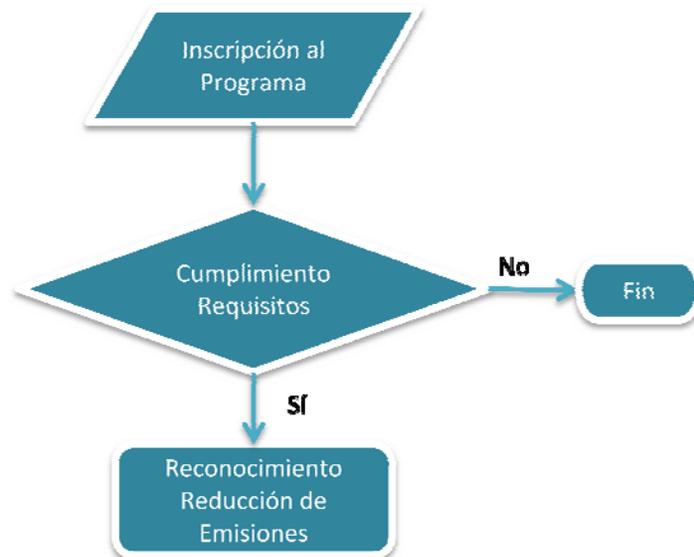
El presente programa piloto está ideado como una opción de compensación de emisiones para aquellas empresas que por ley están obligadas a hacerlo, y está basado en la postulación de proyectos de chatarrización. Estos proyectos consisten una propuesta de chatarrizar cierto número de vehículos, buscando un reconocimiento de emisiones reducidas. Cada proyecto es postulado por un proponente, y en el presente Estudio se asume que éste es la empresa que necesita compensar sus emisiones, sin perjuicio de que en una etapa posterior ambos sean diferentes. No obstante, esto no genera cambios importantes en la implementación del presente Programa.

Este capítulo explica las etapas del programa de chatarrización, desarrolla la metodología de reducción de emisiones, calcula reducciones de emisiones estimadas para un caso piloto y para el sector, presenta la ficha técnica de un proyecto tipo y finalmente aborda aspectos del monitoreo del programa.

3.1 Etapas del programa

A partir de la revisión de experiencias a nivel internacional (en anexos se entrega el detalle de esta revisión, ver capítulo 8.1) se definió una serie de etapas que deben cumplirse para implementar un proyecto de chatarrización, las que se presentan en los siguientes diagramas:

Figura 3-1: Etapas generales de un proyecto de chatarrización



Fuente: Elaboración propia

A continuación se explica con mayor detalle las etapas contenidas en la Figura 3-1, para más adelante explicar las etapas mostradas en la Figura 3-2.

3.1.1 Proyecto de chatarrización

En el marco del “Programa Piloto Para El Sistema De Compensaciones De La Región Metropolitana” se desarrolla, en paralelo al presente Estudio, el proyecto “Diseño De Reporte Computacional”, que pretende diseñar un mecanismo de reporte en base a una cartera de proyectos de compensación de emisiones locales y globales. Por esto, se asume que existirá una plataforma web que permitirá no sólo la inscripción inicial del proyecto de chatarrización al programa por esta vía, sino que también su seguimiento a través de todas sus etapas.

El seguimiento del proyecto se traduce en la elaboración de una Ficha Técnica, la que contiene los datos más relevantes del proyecto y entrega una visión del estado del proyecto al momento de la consulta. Dicho estado viene dado por la agregación de los estados de cada uno de los vehículos del proyecto, tal como se muestra en el ejemplo de una ficha técnica en el capítulo 3.5.

Las etapas que se explican a continuación, respecto a las seguidas por un proyecto de chatarrización, se entienden de mejor manera al comprender las etapas que sigue individualmente cada vehículo, las que pueden ser consultadas en el capítulo 3.1.2.

Inscripción al programa vía web

La inscripción al programa de chatarrización demanda el ingreso de los siguientes datos generales:

- Datos empresa proponente (Nombre, Razón social, contacto y dirección): Como se explicó anteriormente esta empresa es quien reúne los vehículos que se propone chatarrizar y la beneficiaria de la reducción de emisiones. En una primera etapa la empresa proponente es quien debe compensar emisiones, sin perjuicio de que a futuro ambas sean diferentes.
- Datos responsable legal (Nombre y contacto). Esta persona es la interlocutora entre CONAMA y la empresa proponente.

Además, se deben ingresar datos específicos para cada vehículo que se propone chatarrizar. El detalle de estos datos se explicará en el capítulo 3.1.2 cuando se expliquen las etapas por vehículo.

Una vez ingresados todos los datos anteriores (generales y específicos) se le asigna al proyecto un número de registro. Este número será asignado por CONAMA y será único, lo que permitirá realizar el seguimiento del proyecto.

Cumplimiento de requisitos

Debido a que un proyecto de chatarrización consta de un determinado número de vehículos, el cumplimiento de requisitos del proyecto está sujeto al cumplimiento de los requisitos exigidos para cada vehículo. En este sentido, el requisito para aprobar un proyecto de chatarrización podría quedar en función de un número mínimo de vehículos chatarrizados o un mínimo de reducción de emisiones, lo que quedará a juicio de la autoridad competente.

A este respecto el consultor no considera necesario fijar un piso mínimo de vehículos o de reducción de emisiones, quedando a criterio del proponente el número de vehículos que desea chatarrizar en función de su propio análisis costo beneficio (emisiones compensadas versus costo y esfuerzo de postular el proyecto). Lo anterior es para dar mayor flexibilidad al programa, y considera que los costos de transacción y administrativos serán despreciables, principalmente debido a que el soporte del programa será vía web (ver Reporte Computacional explicado en el capítulo siguiente).

En caso de que la autoridad no fije un monto mínimo de vehículos o de reducción de emisiones por proyecto, los requerimientos de aprobación estarán asociados cada vehículo en forma individual y no existirá un requerimiento general para el proyecto. En este sentido, el reconocimiento de las emisiones reducidas del proyecto de chatarrización vendrá dado por el número de vehículos que aprueben todas las etapas de su proceso individual.

Reconocimiento de reducción de emisiones

Tal como se mencionó anteriormente, el programa piloto en estudio se centra en aquellas empresas que deben compensar sus emisiones y que deciden hacerlo por esta vía. Por esto, el beneficio para estas empresas reside en cumplir con una cantidad definida de reducción de emisiones. La magnitud de las emisiones reducidas que se reconozcan como efectivas estará en función de la cantidad y tipo de vehículos que se logre chatarrizar por proyecto y será calculada por el Reporte Computacional según la metodología de cálculo explicada en el capítulo 3.2. El Reporte Computacional será también capaz de entregar información parcial de reducción de emisiones, según la cantidad de vehículos que se hayan efectivamente chatarrizado al momento de la consulta.

3.1.2 Vehículos a chatarrizar

Este capítulo trata sobre las etapas que debe seguir un vehículo que se propone chatarrizar, ilustradas en la Figura 3-2.

Figura 3-2: Etapas de un vehículo a chatarrizar



Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la Figura 3-1 que presenta la visión general de un proyecto de chatarrización, la Figura 3-2 muestra las etapas que sigue cada vehículo que se propone chatarrizar. La diferencia entre ambas figuras es importante, ya que la primera se refiere al proceso general de un proyecto de chatarrización mientras que la segunda presenta las etapas que siguen las partes componentes de un proyecto, esto es, los vehículos a chatarrizar. El capítulo 8.2 en anexos tabula la información que a continuación se presenta en cuanto a requisitos y posibles estados de cada etapa para un vehículo a chatarrizar.

Inscripción al programa vía web

Para cada vehículo se requiere la siguiente información:

- RUT propietario
- Número de VIN (Número de identificación del vehículo)
- Número de motor
- Año fabricación vehículo
- Año inscripción en registro de vehículos

- Número de patente
- Tecnología de control de emisiones (con o sin convertidor)
- Cilindrada
- Peso (Camiones)²
- Categoría del vehículo³ (Vehículos livianos)

Los datos anteriores son recopilados a partir de los siguientes documentos, los que deberán ser escaneados y cargados en la página web para cada uno de los vehículos:

- Última revisión técnica
- Permiso de circulación
- Boleta de TAG (opcional)

Los datos ingresados serán revisados por el personal de CONAMA, quien verificará el cumplimiento de los requisitos que se explican en el apartado siguiente. Durante el procesamiento y validación de los datos, el proyecto estará en estado de espera de aprobación.

a) Cumplimiento de requerimientos

Para lograr exitosamente la inscripción del vehículo al programa de chatarrización debe cumplir todos los requerimientos listados a continuación. Esta lista es fruto de una recopilación y adaptación a partir de la experiencia internacional, y busca el óptimo funcionamiento del programa de acuerdo a las condiciones nacionales.

1. Documentos del vehículo al día. Con este requerimiento se busca confirmar que el vehículo esté circulando actualmente, y así asegurar una disminución efectiva de las emisiones al retirar el vehículo del parque automotriz.
2. Año modelo 1999 o anterior, o con más de 250.000 km recorridos. Con esta medida se busca identificar a los principales emisores para asegurar una disminución significativa de emisiones por vehículo chatarrizado.
3. Circulación del vehículo en la RM. La meta principal del programa es descontaminar la cuenca de Santiago, por lo que es este su parque vehicular objetivo. Para esta identificación se requiere:
 - a. Permiso de circulación: El vehículo debe haberse registrado en la RM por lo menos dos años antes de su retiro.
 - b. Revisiones técnicas: En concordancia con lo anterior, las revisiones técnicas deben haberse realizado en la RM durante los dos últimos años para camiones y durante los tres últimos años para vehículos livianos.

² Esta información permite categorizarlos según livianos, medianos o pesados

³ Comercial o particular. Esta información puede consultarse directamente con el proponente o puede chequearse según si el último dueño del vehículo fue un particular o una empresa.

- c. Boletas TAG: La presentación de estos documentos apoya la tesis de la circulación del vehículo en la RM, pero no exime del cumplimiento de los dos primeros requisitos.

Para el cumplimiento de los puntos a y b se requiere contar con información oficial del Servicio de Registro Civil. El programa debe ser capaz de verificar este cumplimiento, ya sea obteniendo directamente los datos necesarios o recibiendo una confirmación oficial de dicho Servicio.

De ser aprobada esta etapa el vehículo deberá someterse a una revisión física en un lugar diferente al lugar de chatarrización. De ser rechazado, se le informará a la empresa proponente de las razones de esta decisión.

Revisión física de los vehículos

Una vez aprobada la inscripción de vehículo en el programa éste pasa a la etapa de revisión física, siendo trasladado, impulsados por su propia energía, a un centro de revisión. Estos centros de revisión deben ser distintos al lugar de chatarrización y deben contar con permisos gubernamentales para funcionar como tales. Estos lugares pueden ser los actuales centros de desguace u otros centros debidamente autorizados.

La revisión física busca descalificar a aquellos vehículos que no estén en condiciones de circular en la RM, y atiende a los siguientes aspectos:

- Funcionamiento y estado normal del vehículo
- Encendido normal del vehículo y capacidad de avanzar y retroceder al menos 10 metros. Esto permite asegurar que el vehículo cuente con su motor instalado y que no será reutilizado en otro vehículo, con lo que se perdería parte importante de los beneficios del programa.
- Poseer componentes mínimos (por ejemplo puertas, capó, asientos en su lugar). De esta forma se busca que exista un porcentaje significativo de componentes a reciclar, lo que ayudará a suplir los costos del programa e incentivará la participación de empresas privadas. La lista detallada de componentes exigidos se presenta en el capítulo 8.3 de anexos.
- Sistema de control de emisión sin signos obvios de manipulación (por ej. Falta de convertidor catalítico). El propósito del programa es recambiar todos los componentes involucrados en las emisiones del vehículo, pues la falta de uno de estos mermaría su correcta implementación ya que podría ser utilizados en otro vehículo. En el capítulo 8.4 de anexos se enlistan estos componentes.

El cumplimiento de los requerimientos de la lista anterior permite inferir que el vehículo forma parte activa del parque vehicular, lo que lo faculta para optar al ingreso definitivo al programa. De ser aprobada esta etapa el vehículo está listo para su desguace y chatarrización.

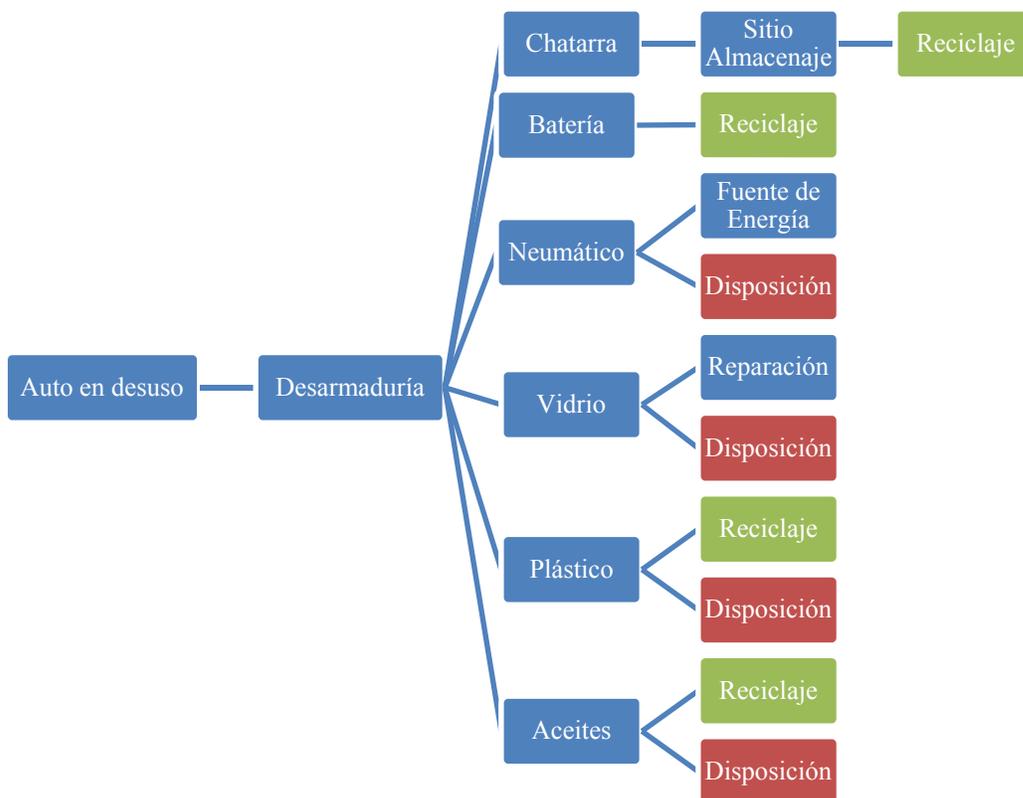
Desguace y chatarrización del vehículo

Luego de la recepción conforme por parte del centro de revisión, los vehículos pasan a la etapa de desguace y chatarrización, siendo el centro de revisión el encargado de trasladar los vehículos a los lugares correspondientes para efectuar dichos procesos.

Como se mencionó en la sección anterior, el reciclaje y reutilización de componentes de vehículos a chatarrizar está limitado a las partes no relacionadas a emisiones ni a la dirección del automóvil. Esto se debe a que la chatarrización busca evitar que las partes contaminantes del vehículo sigan en circulación una vez retirado éste del parque.

Distintas fuentes estiman un porcentaje de reciclaje de automóviles en desuso del 70-75% de su peso, principalmente referido al metal presente en el auto. El porcentaje restante generalmente lo componen plásticos, vidrios y otros que generalmente se disponen en rellenos sanitarios (N. Kanari, 2003). El diagrama general del proceso de reciclaje de automóviles se presenta en la Figura 3-3.

Figura 3-3: Diagrama general de proceso de reciclaje de vehículos



Fuente: Elaboración propia

El proceso de desarme del vehículo en desuso consta de las siguientes etapas:

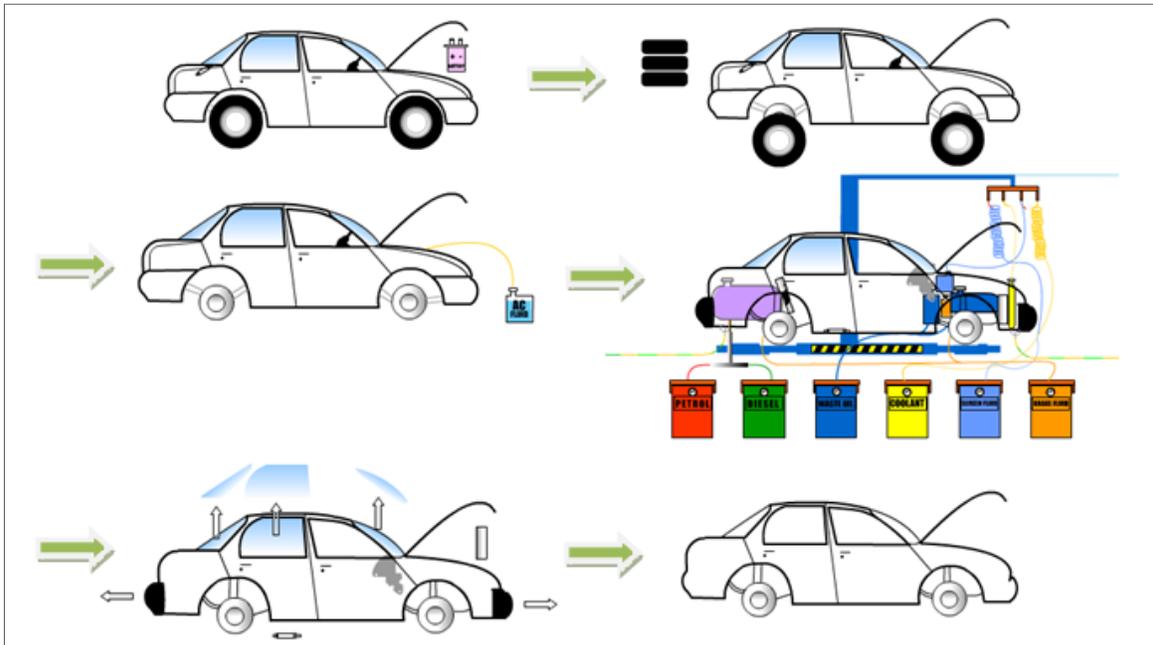
- Remoción de batería para reciclaje
- Extracción de neumáticos
- Extracción de líquidos peligrosos⁴:
 - Aceite del motor y líquido de transmisión

⁴ Cerca de 70 kg en peso de vehículo (Fuente: Reciclaje de vehículos fuera de uso, F. Prado Nuero)

- Refrigerante
- Aceite de frenos
- Restos de combustible
- Extracción de convertidor catalítico, filtros de aceite, plásticos y vidrios

Una vez terminado estos procesos, se deriva el vehículo desmantelado a la planta de reciclaje de metales. La siguiente figura esquematiza el proceso de desarme del vehículo.

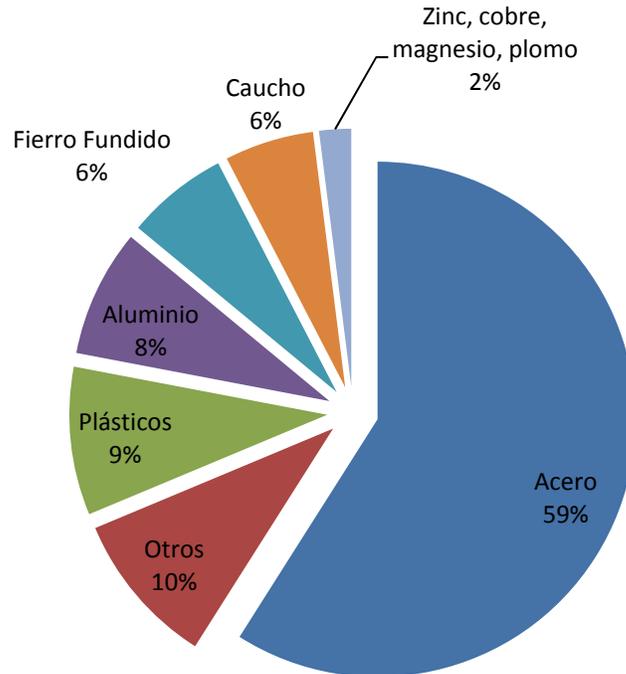
Figura 3-4: Proceso de desarme de vehículo



Fuente: www.scrapcar.co.uk

En cuanto a los vehículos livianos fabricados en la Unión Europea en 1998 su composición promedio se aprecia en la Figura 3-5. Tal como se observa, la gran mayoría corresponde a acero.

Figura 3-5: Composición vehículos livianos producidos en la UE al año 1998



Fuente: (Kanari, J.-L.Pineau et al., 2003)

En anexo (ver capítulo 8.5) se detalla el proceso de reciclaje de cada uno de los componentes del vehículo.

Entrega de certificados

Una vez que el vehículo aprueba la etapa de revisión física la empresa proponente recibe el primer certificado, entregado por el Centro de Revisión y que acredita que éste ha recibido conforme el vehículo. El proponente queda entonces a la espera de los certificados de chatarrización de carrocería y motor del vehículo, comprobantes que deben ser exigidos por los centros de revisión a los centros chatarrizadores y posteriormente entregados a la empresa proponente. Estos tres certificados (conformidad de la revisión física y chatarrización de motor y carrocería) facultan a la empresa proponente a optar a los beneficios del programa (reducción de emisiones).

Es indispensable que los Centros de Revisión y de Chatarrización cuenten con una adecuada certificación y fiscalización por parte de la autoridad competente para así asegurar una correcta revisión física y chatarrización y desguace de los vehículos. La importancia de la certificación de estos centros radica en que los beneficios del programa se concretan luego de una efectiva chatarrización, no sólo de la carrocería del vehículo, sino que también de su motor, con lo que se busca impedir la reutilización de partes contaminantes del mismo. Además, los centros de desguace y chatarrización deben acreditar un manejo adecuado de los residuos peligrosos del

vehículo (aceites y otros líquidos), cumpliendo todos los estándares ambientales actualmente vigentes⁵.

⁵ Como por ejemplo lo planteado en Parlamento Europeo (2000). Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil, Parlamento Europeo.

3.2 Elaboración metodología para estimación de reducción de emisiones

A continuación se detalla la formulación y aplicación de la metodología de estimación de reducción de emisiones del presente programa de chatarrización, así como también la información disponible para su cálculo. Esta metodología aplica tanto para vehículos livianos como para camiones.

3.2.1 Formulación de la metodología

Para el análisis se supondrá que el vehículo chatarrizado será reemplazado por un vehículo nuevo⁶ de similares de características⁷. Esta suposición considera que se mantiene constante el stock de vehículos de la RM, pues aunque probablemente el dueño del vehículo original comprará uno de segunda mano, finalmente se producirá la entrada de un vehículo nuevo al parque. Esta suposición también considera que el dueño del vehículo a chatarrizar no cambia de modo de transporte ni que utiliza otro vehículo de su propiedad en su reemplazo.

Formulación general

La reducción de emisiones producto del retiro de un vehículo corresponde a la esperanza de emisiones de la situación sin proyecto (base) menos la esperanza de emisiones de la situación con proyecto. Esto es:

$$RedEm = E(Em)_{CP} - E(Em)_{SP} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde,

RedEm: corresponde a la reducción de emisiones

E(Em): corresponde a la esperanza estadística de las emisiones (CP para situación con proyecto y SP para sin proyecto)

La esperanza de emisiones se calcula se en función de la proyección de emisiones unitarias (factor de emisión en gramos por kilómetro), del recorrido anual esperado (nivel de actividad) y de la probabilidad de supervivencia del vehículo. Este último término se refiere a la probabilidad (p) de encontrar vivo un vehículo cierto año según su antigüedad (ver sección Probabilidad de supervivencia del capítulo 3.2.2). De esta forma, las emisiones esperadas de un vehículo *i* a partir del año t_0 se calculan según la Ecuación 3-2, considerando una renovación⁸ del vehículo con probabilidad (1-p) y asumiendo que el vehículo de renovación recorre la misma distancia anual que el vehículo *i* (esto implica asumir que el nivel de actividad se mantiene constante).

⁶ El año modelo del vehículo nuevo corresponderá al año en que el vehículo es efectivamente chatarrizado, información que se encuentra en el certificado de chatarrización que emitirá la empresa chatarrizadora.

⁷ Esto es, el vehículo nuevo cae en la misma clasificación que el vehículo a chatarrizar (ver sección Clasificación de vehículos del capítulo 3.2.2)

⁸ Esta renovación corresponde a la renovación natural del parque.

$$E(Em_{i,t_0}) = \sum_{t=t_0}^{\infty} \{DA_{i,t} \times [FE_{i,t} \times p_i(t/t_0) + FE_{Renov,t} \times (1 - p_i(t/t_0))]\} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Donde,

$DA_{i,t}$: Distancia recorrida anualmente por el vehículo i , dependiente de su antigüedad al año t .

$FE_{i,t}$: Factor de emisión dependiente de la antigüedad del vehículo i al año t .

$FE_{Renov,t}$: Factor de emisión del vehículo de renovación que reemplaza al vehículo i el año t .

$p_i(t/t_0)$: Probabilidad de que el vehículo i esté en circulación en el año t , dado que está en circulación en el año t_0 .

El año t_0 se refiere al año de análisis, esto es, el año a partir del cual se comienzan a considerar las emisiones del vehículo.

Situaciones con y sin proyecto

Ahora, volviendo a la Ecuación 3-1, las emisiones esperadas para la situación sin proyecto, donde el vehículo i no es chatarrizado, se calculan utilizando directamente la Ecuación 3-2.

Para la situación con proyecto, esto es, el vehículo i es chatarrizado y reemplazado por uno nuevo, la diferencia en emisiones esperadas proviene de la inclusión de las emisiones del proceso de reciclaje de los componentes del vehículo, y del reemplazo del factor de emisión y de la probabilidad de vida del vehículo i por los valores del vehículo que lo reemplaza. Esto se formula como sigue:

$$E(Em_{i,t_0}) = \sum_{t=t_0}^{\infty} \{DA_{i,t} \times [FE_{Reemp,t} \times p_{Reemp}(t/t_0) + FE_{Renov,t} \times (1 - p_{Reemp}(t/t_0))]\} + Em_{Rec}$$

Ecuación 3-3

Donde,

$DA_{i,t}$: Distancia recorrida anualmente por el vehículo i , dependiente de su antigüedad al año t .

$FE_{Reemp,t}$: Factor de emisión del vehículo de reemplazo del vehículo i dependiente de su antigüedad.

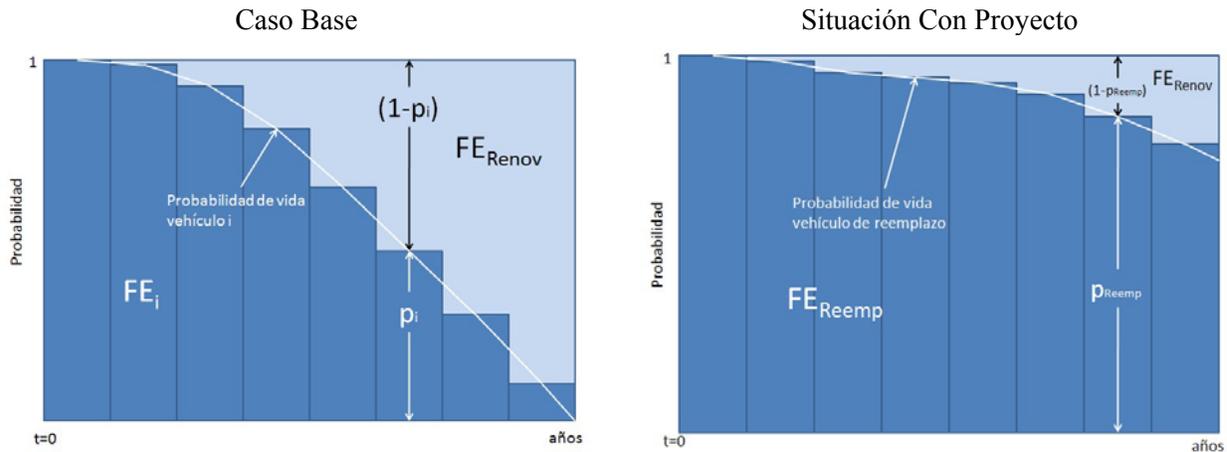
$FE_{Renov,t}$: Factor de emisión del vehículo de renovación que reemplaza el año t al vehículo de reemplazo. Esta renovación corresponde a una renovación natural del parque.

$p_{Reemp}(t/t_0)$: Probabilidad de que el vehículo de reemplazo del vehículo i esté en circulación en el año t , dado que está en circulación en el año t_0 .

Em_{Rec} : Emisiones del proceso de reciclaje de los componentes del vehículo.

Para una mejor comprensión de ambos casos, en la Figura 3-6 se presenta una comparación cualitativa del caso base y de la situación con proyecto, que ilustra el uso de los factores de emisión (FE) y de las probabilidades de vida (p) según situación, cuando un vehículo es renovado en $t=0$.

Figura 3-6: Comparación caso base y con proyecto



Fuente: Elaboración propia.

A modo de simplificación se asumirá que los factores de emisión de los vehículos de renovación (que forman parte de la renovación natural del parque de vehículos) son idénticos a los del vehículo de reemplazo del vehículo chatarrizado. Esta simplificación permite que, usando la Ecuación 3-1, la Ecuación 3-2 y la Ecuación 3-3, la **reducción total de emisiones** producto de la chatarrización de un vehículo i se evalúe usando la siguiente fórmula:

$$RedEmTotal_i = \sum_{t=t_0}^{\infty} \{DA_{i,t} \times p_i(t/t_0) \times [FE_{i,t} + FE_{Reemp,t}]\} - Em_{Rec} \quad \text{Ecuación 3-4}$$

La ecuación anterior permite el cálculo total de emisiones reducidas a partir de la suma de las reducciones anuales y de las emisiones del proceso de reciclaje.

Distribución temporal de las reducciones

Con miras a una implementación más sencilla del programa de chatarrización el consultor propone que, a partir del total de emisiones reducidas estimadas según la Ecuación 3-4, se calculen reducciones anuales iguales por un período de años correspondiente a la esperanza de vida del vehículo.

Para calcular las reducciones anuales se utiliza la siguiente ecuación:

$$RedEmAnual_i = \frac{RedEmTotal_i}{N_i} \quad \text{Ecuación 3-5}$$

Donde:

RedEmanual_i: Reducción de emisiones anual producto de la chatarrización del vehículo *i*.

RedEmTotal_i: Reducción de emisiones total producto de la chatarrización del vehículo *i* calculadas según la Ecuación 3-4.

N_i: Esperanza de vida útil del vehículo *i*.

En cuanto a los años que le restan de vida útil al vehículo a chatarrizar (*N_i*), su estimación se basa en la esperanza de su vida útil, y se calcula a partir de la probabilidad de vida del vehículo según la Ecuación 3-6. Esta ecuación se explica en detalle en la sección Probabilidad de supervivencia del capítulo de Información disponible.

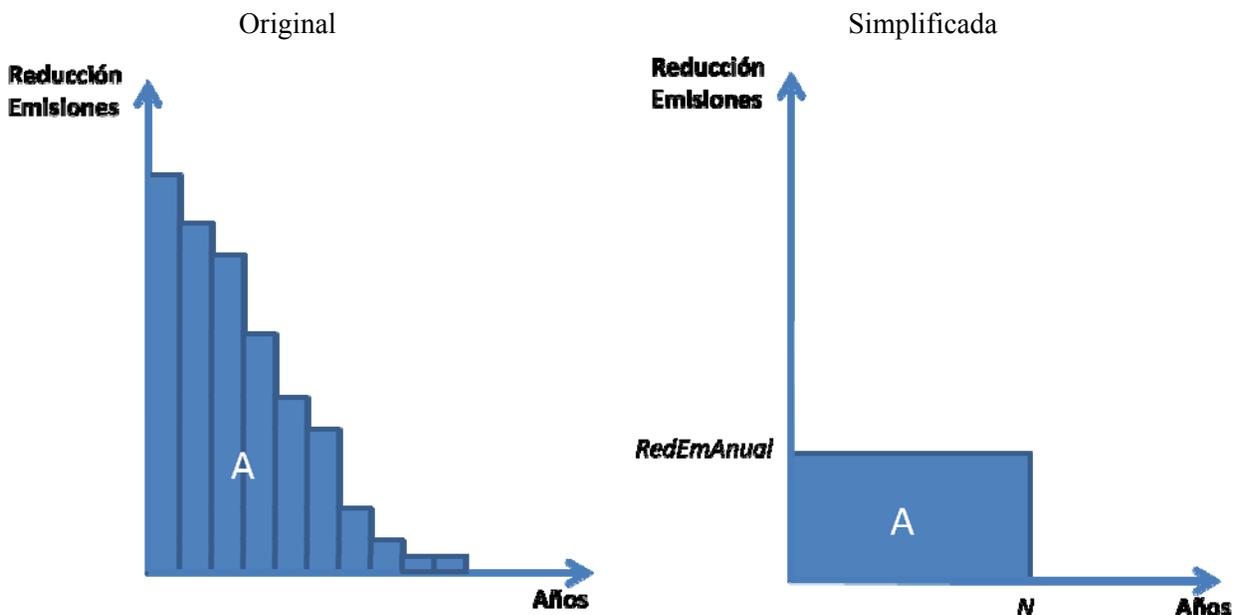
$$N_i = \int_{t=t_0}^{\infty} p_i(t/t_0) \quad \text{Ecuación 3-6}$$

Donde,

p_i(t/t₀): Probabilidad de que el vehículo *i* esté en circulación en el año *t*, dado que está en circulación en el año *t₀*.

Las siguientes figuras ejemplifican la simplificación propuesta, donde el área A representa el total de las emisiones reducidas.

Figura 3-7: Comparación metodologías de cálculo de reducción de emisiones: Original v/s simplificada



De esta forma, las reducciones totales de emisión de un vehículo se calcularán a partir de la multiplicación de un valor de reducción de emisiones anual (único e independiente del año) por la esperanza de la vida útil del vehículo a chatarrizar. Esta nueva metodología asume que es igualmente valioso para la sociedad una tonelada de contaminante reducida al final del período de reconocimiento (por ejemplo al año 5), que al inicio del período (año 0), es decir, es insensible a la distribución temporal de las emisiones reducidas.

Para la implementación de la presente metodología los valores respecto a Reducción anual de emisiones (*RedEmAnual*), Años restantes de vida útil (*N*) y Reducción total de emisiones (*RedEmTotal*), se tabulan en función de las características del vehículo y según rangos de año modelo, siendo la tabla de reducción total de emisiones resultado de la multiplicación de las otras dos tablas. El capítulo 3.3 trata sobre la implementación de la presente metodología, por lo que retoma el uso de estas tablas y exhibe algunas de ellas.

El siguiente capítulo presenta la información que requieren las ecuaciones de la metodología para el cálculo de reducción de emisiones.

3.2.2 Información disponible

Este capítulo entrega los pormenores de lo requerido para el cálculo de reducción de emisiones. En primer lugar define la clasificación que utiliza el presente Estudio para los diferentes tipos de vehículos, y luego trata sobre los parámetros de las ecuaciones de la metodología, estos son, nivel de actividad (distancia anual recorrida), probabilidad de vida, factores de emisión y las emisiones del proceso de chatarrización, ilustrados en la figura siguiente.

Figura 3-8: Inputs para cálculo de reducción emisiones del programa de chatarrización



Fuente: Elaboración propia.

Adjunto al presente informe se entregan en anexo electrónico los valores de los inputs para el cálculo de reducción de emisiones utilizados en el presente Estudio.

Clasificación de vehículos

Para determinar el potencial de reducción de emisiones de los vehículos a chatarrizar se deben clasificar estos en diferentes categorías, unificando las clasificaciones de los distintos tipos de información (factores de emisión, nivel de actividad, etc.). Para el presente estudio se utilizará la siguiente clasificación⁹, la que se justifica dado el nivel de desagregación de la información disponible:

- Vehículos livianos: edad del vehículo (en función del año de fabricación), categoría (particular o comercial) y combustible (gasolina o diesel).
- Vehículos pesados: edad del vehículo (en función del año de fabricación), peso (liviano, mediano y pesado).

Por lo tanto, para el cálculo de la reducción de emisiones generadas por el programa de chatarrización, se requiere del parque a chatarrizar los siguientes datos:

- Tipo de vehículo (liviano o camión.)
- Año de modelo (año de fabricación)
- Tipo de combustible y categoría para vehículos livianos
- Peso para camiones

Factores de emisión

A petición expresa de la contraparte los factores de emisión (FE) usados en este estudio han seguido el modelo europeo COPERT 4 (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008), diseñado para la generación de inventarios de emisiones de fuentes móviles. No obstante, se calculan asimismo

⁹ Es idéntica a la utilizada por DICTUC (2007)

reducciones de emisión con FE usados en DICTUC (2007), los que se basan en Copert III. No se presentará el detalle de estos FE en el presente Estudio, pero sí se mostrará en anexos (ver capítulo 8.9) los resultados obtenidos en términos de reducciones de emisión totales y anuales. En el capítulo 8.10 de anexos se abordan ambos escenarios de FE y se discuten sus diferencias.

En cuanto a los valores de Copert 4, estos fueron promediados en algunos casos para ajustarlos a la clasificación de vehículos del presente Estudio. Esto se explica en las siguientes secciones y en anexo se entrega mayor detalle de los valores utilizados.

Adjunto al presente informe se entregan en anexo electrónico los valores de los factores de emisión y de deterioro utilizados en el presente Estudio para el cálculo de reducción de emisiones.

a) Copert 4

El cálculo de estos factores depende de:

- Tipo de vehículo (camión o vehículo liviano)
- Combustible utilizado (gasolina o diesel)
- Velocidad: (Corvalán y Osses, 1998) recomienda como representativa del ciclo de Santiago utilizar una velocidad de circulación cercana a los 40 km/hr, por lo que las ecuaciones serán evaluadas según este valor para todas las ecuaciones.
- Capacidad del motor (caso de vehículos livianos)
- Norma de emisión (Euro I, Euro II, etc.)
- Contaminante (CO, NOx, CH4, etc.)
- Categoría del vehículo (particular o comercial para vehículos livianos y según peso para camiones)¹⁰.
- Pendiente (%): se considera la pendiente del terreno (sólo para camiones). Para este estudio se consideró pendiente nula debido a que más del 90% de los arcos viales de la ciudad de Santiago tiene pendiente entre +1 y -1% (Osses y Dursbeck, 2001).
- Carga (%): se consideran distintas cargas a las que se expone el vehículo (sólo para camiones). La carga o factor de carga se define como el porcentaje utilizado (en peso) de la capacidad de carga del camión. Para este estudio se consideró un factor de carga del 50%, que es el que se considera para el inventario de emisiones de Copert 4 (EMEP/CORINAIR, 2006).

Los factores de emisión de aquellas tecnologías no presentadas en el informe de Copert 4, fueron proyectados de la última tecnología con valores, para lograr la completitud del modelo. Por ejemplo, para vehículos livianos comerciales a gasolina se muestran FE sólo hasta EURO IV, por lo que dicho valor de EURO IV fue utilizado también para EURO V y EURO VI.

¹⁰ Copert 4 también hace una subclasificación de camiones según articulados y rígidos. Para este estudio se realizó un promedio simple de estos valores, en vista de que las diferencias no son significativas y asumiendo que no predomina un tipo de vehículo versus el otro en el parque de la RM.

Asimismo, aquellos contaminantes que no presentaban valor de FE para tecnología alguna, fueron rellenados con los valores entregados por Copert III. Este es el caso del VOC para camiones, que no es presentado en Copert 4, por lo que se le asignó el mismo valor de Copert III.

Además, con el objeto de lograr un comportamiento lógico según expertos, de disminuir las magnitudes de los factores de emisión a medida que se logra un avance en la tecnología, se restringieron estos valores a mantenerse igual o bajo el valor de la tecnología precedente, buscando una evolución monótonamente decreciente en el tiempo. Por ejemplo, si para un contaminante y tipo de vehículo dado, el FE para la norma EURO II es mayor, según Copert 4, al FE para la norma EURO I, se mantiene el valor de EURO I para ambas normas.

- ***Vehículos livianos***

El anexo 8.6 presenta el detalle de las fórmulas que entrega Copert 4 respecto a los vehículos livianos, además de los valores finalmente utilizados en este Estudio.

Con el objetivo de hacer uso de una sola fuente de FE, fue necesario hacer ciertas modificaciones, aproximaciones y supuestos basados en las características del modelo y en la experiencia del equipo consultor. Primeramente, se hizo un promedio de los FE de aquellos vehículos que difieren sólo en la capacidad de motor.

Con respecto a la normativa, para los factores correspondientes a normas previas a EURO I, llamados Sin Norma en este modelo, se consideró el promedio de las normas ECE00/01, ECE02, ECE03 y ECE04 como representativa de ese grupo dado, las cuales representan modelos de vehículos en E.E.U.U. correspondientes a los periodos 1972 – 1977, 1978 – 1980, 1981 – 1985 y 1985 – 1992, respectivamente. Para las primeras normas implementadas en la RM entre 1992 y 2005, se les asignó su equivalencia con la norma EURO, según la tabla del anexo 8.6.2.

Una vez asignados todos los FE a una norma EURO se realizó una equivalencia anual para cada norma y tipo de vehículo, esto es, se asoció un año de fabricación a una norma específica, a través de una matriz de asignación cuyo resumen es presentado en el capítulo 8.6.2 de anexos. Esta matriz fue confeccionada según la implementación de las normas en la RM para la mayoría de los contaminantes.

Sin embargo, para aquellos vehículos livianos correspondientes a normas previas a EURO I se asignaron ponderadores que los ajustan a las curvas por año modelo presentadas por (DICTUC, 2007), tomando como representativo del periodo pre-EURO al año 1985 (ponderador =1). Esto con el objetivo de alcanzar una mayor similitud con el caso chileno. Los valores utilizados para estos casos se presentan en el capítulo 8.6.3 de anexos.

En el caso de las emisiones de CO₂, se calcularon usando la ecuación entregada por el informe de COPERT 4, presentada a continuación, en función del consumo de combustible de cada vehículo:

$$E_{CO_2} = \frac{44.011 \cdot CC}{(12.011 + 1.008 \cdot r_{HC} + 16 \cdot r_{OC})} \quad \text{Ecuación 3-7}$$

Con:

CC: consumo de combustible [gr/km]

r_{HC} : cociente entre los átomos de Hidrógeno y de Carbono presente en el combustible. Toma el valor 1.8 para gasolina y 2 para diesel.

r_{OC} : cociente entre los átomos de Oxígeno y de Carbono presente en el combustible. Toma el valor 0 para gasolina y diesel.

- **Camiones**

En el caso de los FE de camiones, existen 7 ecuaciones diferentes para calcularlos, con parámetros únicos según las características de cada vehículo. Sin embargo, estas ecuaciones no siguen ningún patrón para su clasificación. El anexo 8.6 presenta el detalle de estas fórmulas además de los valores de FE finalmente utilizados en este Estudio.

Con el objetivo de hacer uso de una sola fuente de FE, fue necesario hacer ciertas modificaciones, aproximaciones y supuestos basados en las características del modelo y en la experiencia del equipo consultor. Primero se clasificó los camiones rígidos y articulados (RT y TT/AT, respectivamente por sus siglas en inglés) por separado, según rangos de peso más amplios: livianos, menor a 7.5 toneladas; medianos, entre 7.5 y 16 toneladas; y pesados, mayor a 16 toneladas. Esto se hizo con el promedio de los rangos más pequeños (como se presentan en el informe de Copert 4). Luego, se realizó un promedio simple entre los dos tipos de camiones, RT y TT/AT, dado que no poseen diferencias significativas, manteniendo la clasificación de livianos, medianos y pesados.

Para el caso de las normas EPA aplicadas en Chile entre los años 1992 y 2005, se les asignó su equivalencia con la norma EURO según la tabla del anexo 8.6.2.

Al igual que para el caso de los vehículos livianos, las emisiones del CO₂ fueron calculadas usando la Ecuación 3-7.

b) Deterioro

Este fenómeno se refiere al deterioro que sufre el vehículo fruto de sus kilómetros recorridos, lo que resulta determinante en el cálculo de las emisiones futuras a largo plazo ya que sus emisiones por kilómetro recorrido aumentan. Para incluir lo anterior en la modelación se utilizaron dos fuentes: COPERT 4 (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008) y (DICTUC, 2007). La inclusión de los valores de DICTUC (2007) obedece a dos razones importantes:

- Copert 4 no posee valores para camiones por lo que se utilizaron los valores de DICTUC (2007) para este tipo de vehículo
- Copert 4 estima que por sobre los 120.000 km recorridos el deterioro se estabiliza, lo que no permite una discriminación entre los vehículos de mayor kilometraje (parque objetivo de este Estudio). Por esto el consultor estima conveniente incluir un deterioro sobre este valor (120.000 km) según lo estimado por DICTUC (2007) para vehículos livianos.

- **Copert 4.**

(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008) recomiendan la utilización de curvas de deterioro de los vehículos en función del kilometraje recorrido estimadas para dos ciclos de conducción diferentes (UDC [19 km/hr] y UEDC [63 km/hr]). La forma funcional de la curva sugerida es la siguiente:

$$MC_{C,i} = A_M \cdot M_{Mean} + B_M \quad \text{Ecuación 3-8}$$

Donde;

$MC_{C,i}$ = Factor de corrección por deterioro según kilometraje recorrido, contaminante i y ciclo de conducción C

M_{Mean} = Kilometraje promedio de la flota para el que fue estimado el FE original de COPERT 4

A_M y B_M = Parámetros estimados

El parámetro A_M corresponde a la degradación del vehículo por kilómetro recorrido y el parámetro B_M corresponde a la corrección de los FE de COPERT 4 a 0 km recorridos con el objetivo de reflejar las emisiones de vehículos nuevos. Naturalmente, se espera que B_M sea menor que 1 ya que los FE estimados por COPERT representan un parque vehicular promedio con entre 30.000 y 50.000 Km ya recorridos, y por ende los vehículos nuevos emitan menos que los incluidos en la muestra de (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008). La tabla que muestra los parámetros de la Ecuación 3-8 se presenta en el capítulo 8.6.5 de anexos.

Para estimar los factores de corrección para velocidades entre 19 km/hr y 63 km/hr se interpoló entre las estimaciones realizadas en los dos distintos ciclos de conducción considerados (UDC y EUDC).

Los vehículos incluidos en la muestra utilizada en (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008) tienden a estabilizar sus emisiones por encima de 120,000 kilómetros recorridos, por lo que para kilómetros recorridos superiores a este valor se usarán los factores de deterioro estimados en DICTUC (2007) descritos a continuación.

- **DICTUC (2007)**

DICTUC (2007) estima porcentajes anuales de deterioro en base a información disponible de mediciones en plantas de revisión técnica de 1998 al 2005 para vehículos livianos y camiones. La Tabla 8-27 en anexos presenta la información de dicho estudio.

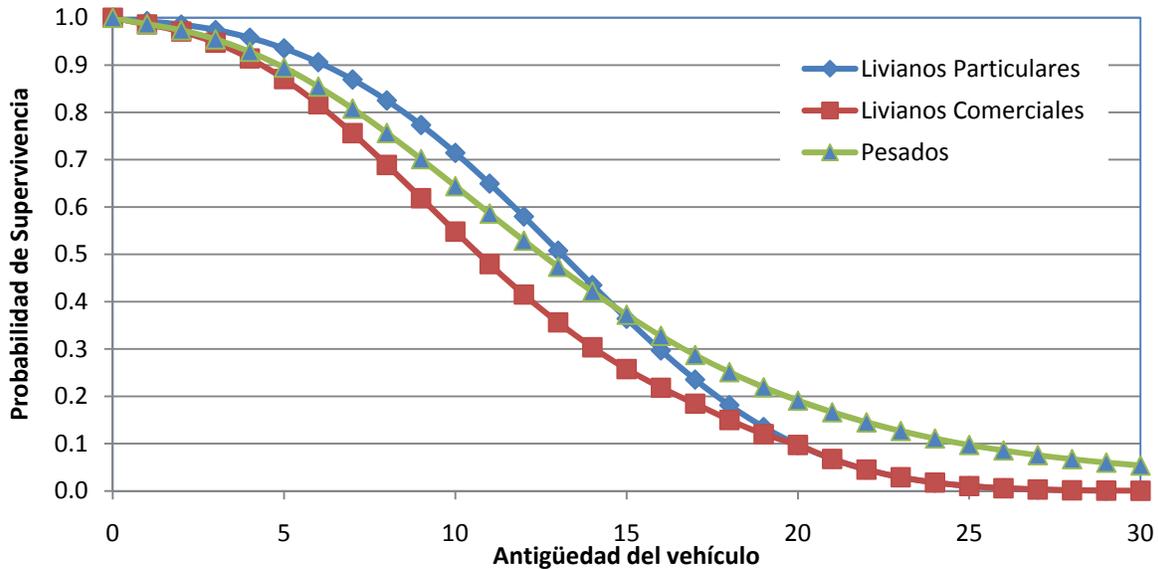
Probabilidad de supervivencia (y años vida útil)

La probabilidad de supervivencia se refiere a la probabilidad de encontrar un vehículo en circulación dada su antigüedad. La forma funcional más utilizada en la literatura para la estimación de esta variable es una curva en forma de S, que es obtenida comúnmente a través de una distribución de probabilidades Weibull modificada (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008). La

Tabla 8-29 del anexo presenta las fórmulas de estas curvas estimadas por (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008).

Para el presente Estudio se modificaron levemente estas curvas según lo explicado en el capítulo 8.7 de anexos. En la siguiente figura se grafican estas curvas modificadas estimadas por (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008).

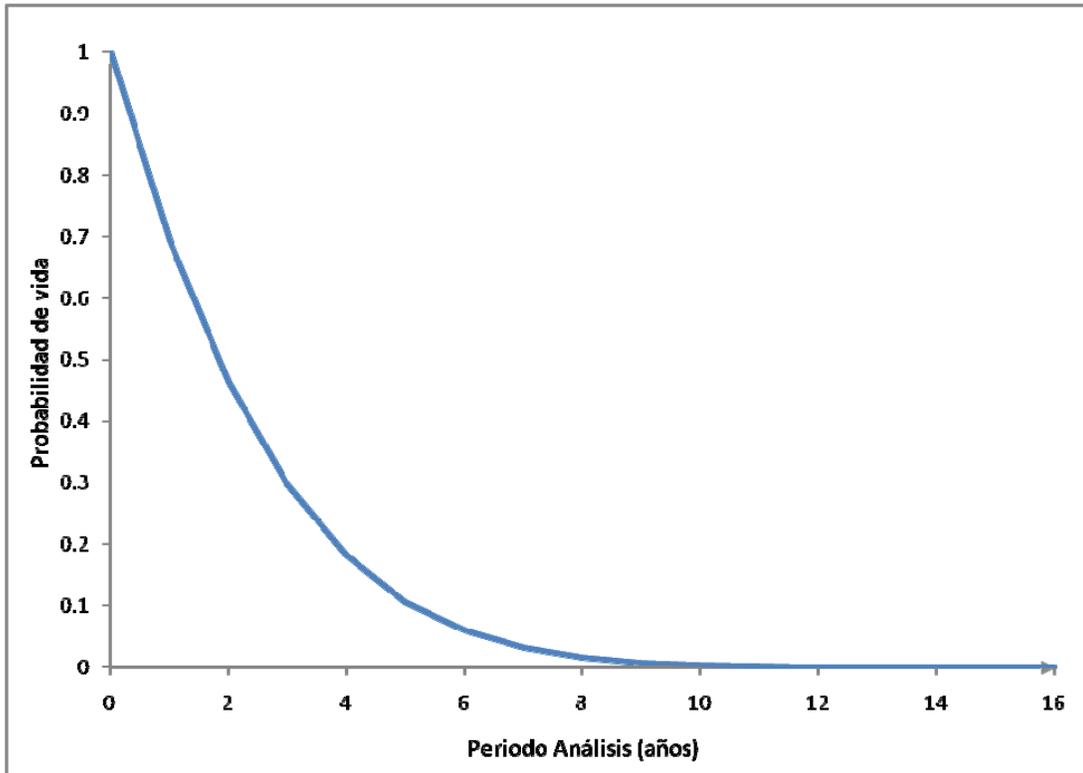
Figura 3-9: Curvas de supervivencia modificadas según tipo de vehículo y categoría



Fuente: Elaboración propia a partir de (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

En cuanto a la probabilidad condicional $p(t/t_0)$ requerida por la Ecuación 3-2, esta se calcula normalizando las curvas de probabilidad según la probabilidad de vida al año t_0 esto es, $p(t)/p(t_0)$. La siguiente figura representa la probabilidad de vida a partir del año t_0 para un vehículo liviano particular de 20 años de antigüedad dado que se encuentra vivo dicho año. Como se observa en dicha figura la probabilidad comienza en 1 dado que se encuentra vivo al año $t_0=0$ y la curva desciende de forma más abrupta que la de un vehículo nuevo ya que corresponde a la “cola” de la curva de un vehículo liviano particular, mostrada en la Figura 3-9.

Figura 3-10: Probabilidad de vida de un vehículo liviano particular de 20 años de antigüedad, dado que está vivo en $t_0=0$



Fuente: Elaboración propia a partir de (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Ahora bien, como se mencionó en el capítulo 3.2.1, para calcular las reducciones anuales la Ecuación 3-5 requiere como input el valor esperado de los años de vida útil que le restan al vehículo (N). Este valor se calcula como el área bajo la curva de supervivencia dado que el vehículo se encuentra vivo al año t_0 , tal como lo describe la integral de la Ecuación 3-6 del capítulo 3.2.1. Por ejemplo, para el caso de un vehículo liviano particular de 20 años de antigüedad el área bajo la curva de la Figura 3-10 representa la esperanza de su vida útil, que en este caso es 2,8 años.

Adjunto al presente informe se entregan en anexo electrónico los valores de probabilidades condicionales utilizados en el presente Estudio para el cálculo de reducción de emisiones.

Según lo indicado en la sección Formulación general del capítulo 3.2.1 los valores de esperanza de vida útil se entregarán tabulados según rangos de años de fabricación. Estos valores se presentan según tipo de vehículo (liviano o camión) y se obtuvieron según un promedio simple según categoría (comercial o particular para vehículos livianos y liviano, mediano o pesado para camiones), según combustible (gasolina y diesel) y según año modelo por rango. La siguiente tabla corresponde a estos resultados, asumiendo que el año de análisis (t_0) corresponde a 2009.

Tabla 3-1: Años esperados de vida según rango año de fabricación ($t_0=2009$)

Año de fabricación	Vehículos Livianos	Camiones
<1980	2	6
1980-1985	2	7
1986-1990	3	7
1991-1995	4	8
1996-2000	6	8

Fuente: Elaboración propia.

Nivel de actividad

Para determinar las emisiones anuales de un vehículo es necesario conocer la distancia que recorre anualmente. Lepeley y Cifuentes (1998) determinaron la distancia anual recorrida para vehículos livianos 0 km particulares en 23.000 km/año a partir de las lecturas de odómetros de vehículos de plantas de revisión técnica del año 1996. En base a esta información se promedió el valor reportado para vehículos livianos particulares.

Para vehículos comerciales y camiones Lepeley y Cifuentes (1998) no disponía de información detallada, por lo que usó el supuesto de DICTUC (2007), que estima en 30.000 km la distancia recorrida por los vehículos nuevos. Para camiones se resumen a continuación las distancias anuales recorridas según peso recabadas por DICTUC (2007).

Tabla 3-2: Distancia recorrida anualmente por vehículos pesados (km. por año)

Categoría	km recorridos/año
Livianos ($3.5 < y < 7.5$ Ton)	63.000
Medianos ($7.5 \leq y < 16$ Ton)	46.000
Pesados (≥ 16 Ton)	86.000

Fuente: (DICTUC, 2007)

Otro aspecto que debe ser considerado es la relación entre la edad del vehículo y el kilometraje anual recorrido. Como es de esperarse, los vehículos nuevos fallan menos y por ende recorren más kilómetros anualmente que vehículos más antiguos (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008). Samaras y Ntziachristosa (2000) recomiendan utilizar la relación estimada por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008), sobre la base de los datos recogidos durante una campaña de fiscalización realizada en Milán el año 2004. Para vehículos pesados, (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) establece que los kilómetros recorridos anualmente no dependen de la edad y considera sólo las diferencias identificadas según peso.

La forma funcional propuesta por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) para vehículos livianos corresponde a:

$$VKM(k)_i = \theta \cdot \exp(\beta \cdot k)$$

Ecuación 3-9

En donde,

VKM (k) = son los kilómetros recorridos por un vehículo tipo i al año.

θ y β son los parámetros estimados y k es la antigüedad del vehículo.

La Tabla 3-3 muestra los parámetros estimados por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008):

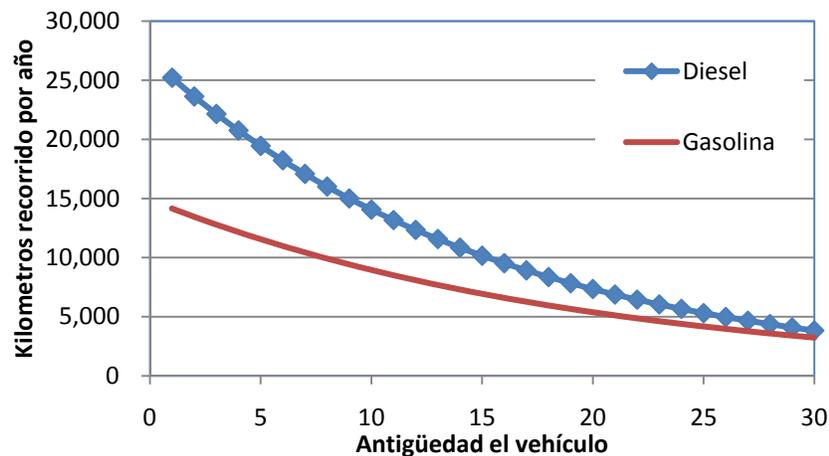
Tabla 3-3: Parámetros curva kilómetros recorridos al año en función de la antigüedad del vehículo por combustible

Combustible	θ	β
Diesel	26.901	-0,0649
Gasolina	14.901	-0,0509

Fuente: (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008)

A continuación, en la Figura 3-11 se grafica la relación estimada por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) para vehículos livianos.

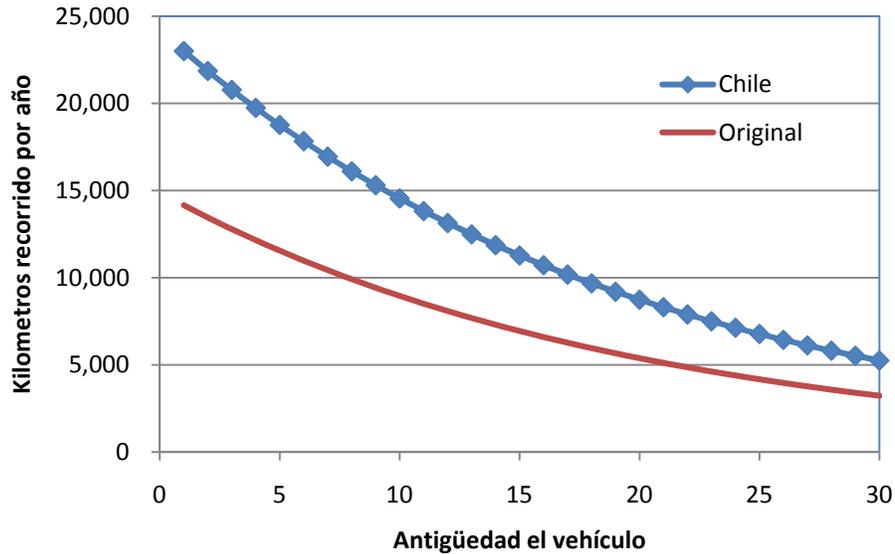
Figura 3-11: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad para vehículos livianos



Fuente: (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008)

Las curvas estimadas por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) consideran que un vehículo a gasolina tipo recorre anualmente cerca de 15.000 kilómetros. Según la información recopilada por Lepeley y Cifuentes (1998) el caso chileno es distinto. Por ende, las curvas estimadas por (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) fueron corregidas para representar el caso chileno. Esta corrección se realiza ajustando las curvas de Caserinia, Giuglianoa et al. 2008 usando un factor de corrección calculado para un auto 0 km (los 15.000 km/año de Caserinia, Giuglianoa et al. 2008 versus los 23.000 km/año de Lepeley y Cifuentes (1998)). La Figura 3-12 compara ambas curvas de nivel de actividad (curva corregida para la realidad chilena v/s original) para el caso de vehículos livianos a gasolina.

Figura 3-12: Kilometraje recorrido anualmente según antigüedad para vehículos livianos a gasolina. Curvas Caserinia, Giuglianoa et al. 2008 vs Lepeley y Cifuentes (1998)



Fuente: Elaboración propia en base a (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) y (Lepeley y Cifuentes, 1998)

La Tabla 3-4 presenta los parámetros utilizados en la Ecuación 3-9 para la estimación del nivel de actividad según tipo y categoría de vehículo.

Tabla 3-4: Parámetros utilizados para la estimación del nivel de actividad según tipo y categoría de vehículo.

Tipo de vehículo	Categoría	θ	β
Vehículo Liviano	Particular	23.000	-0,052
Vehículo Liviano	Comercial	30.000	-0,0649
Camión	Liviano	63.000	-0,0649
Camión	Mediano	46.000	-0,0649
Camión	Pesado	86.000	-0,0649

Fuente: Elaboración propia en base a (Caserinia, Giuglianoa et al., 2008) y (Lepeley y Cifuentes, 1998)

Adjunto al presente informe se entregan en anexo electrónico los valores de nivel de actividad utilizados en el presente Estudio para el cálculo de reducción de emisiones.

Emisiones del proceso de reciclaje

La metodología de estimación de reducción de emisiones considera las emisiones generadas por el reciclaje de los componentes (acero, neumáticos, plásticos, vidrio, etc.) del vehículo que entra al programa. El capítulo 8.5 en anexos trata sobre los factores de emisión (emisiones unitarias) de dicho proceso según componente, y de él se desprende que es el reciclaje de acero el proceso de mayor aporte, por lo que el presente capítulo se centra dicho proceso. La Tabla 3-5 compara los factores de emisión de CO₂ según componente reciclado, evidenciando la alta contribución del reciclaje de acero.

Tabla 3-5: Factores de emisión de CO₂ según componente reciclado.

Componente	ton CO ₂ /ton componente	ton CO ₂ /vehículo ¹¹
Acero	0,08	1,04E-01 ¹²
Baterías	0,2 ¹³	2,60E-03
Neumáticos	0,01 ¹⁴	6 E-04 ¹⁵

Fuente: (IPCC 2006) y (Life-Cycle Greenhouse Gas Emission Factors for Scrap Tires, ICF 2006)

En cuanto al proceso de reciclaje de plásticos y aceites no se encontró información de emisiones de gases GEI. En el caso de vidrios estos no se reciclan sino que se reutilizan o disponen.

a) Emisiones del proceso de reciclaje del acero

Para el cálculo de las emisiones que se generan en el proceso de reciclaje del acero del vehículo se analizó información de Gerdau Aza y de la NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory).

La Tabla 3-6 muestra las toneladas de materias primas que Gerdau Aza procesó entre los años 2003 y 2006.

Tabla 3-6: Toneladas de materias primas procesadas por Gerdau Aza en período 2003-2006

Año	Consumo materias primas total (ton/año)	Consumo de chatarra (ton/año)	Consumo otras materias primas (ton/año)	Fracción consumo de chatarra del total (ton chat/ton total)
2003	359.431	337.010	22.421	0,94
2004	418.327	393.591	24.736	0,94
2005	478.220	447.569	30.651	0,94
2006	525.357	492.069	33.288	0,94

Fuente: Reportes Sostenibilidad Gerdau Aza.

¹¹ Para un vehículo de 2 toneladas

¹² Considerando que el 65% del peso del vehículo es acero

¹³ Se consideró que el 10% del peso de la batería es plomo

¹⁴ Considera la disposición de un neumático

¹⁵ Para un neumático de 15 kg

Las emisiones de gases generadas por estos procesos se muestran en la Tabla 3-7. Sólo se presentan las emisiones de NO₂ y MP porque la empresa no dispone de información de emisiones de otros gases. La reducción entre los años 2005 y 2006 se debe a la implementación de un sistema de captación de emisiones.

Tabla 3-7: Emisiones anuales de NO₂ y MP de Gerdau Aza (ton/año)

Año	NO _x	MP
2003	71,6	43,9
2004	80	53,8
2005	82,3	56
2006	46,7	25,9

Fuente: Reportes Sostenibilidad Gerdau Aza

Para obtener los factores de emisión de NO₂ y MP por tonelada chatarrizada, se dividen las emisiones anuales de estos gases (Tabla 3-7) por las toneladas de materia prima procesada en el mismo año (Tabla 3-6), teniendo en cuenta la fracción del total que representa el consumo de chatarra. Los factores de emisión calculados se presentan en la Tabla 3-8. Para el cálculo final del factor de emisión por vehículo chatarrizado se utilizará el valor correspondiente al año 2006, ya que al tener incorporada la reducción por la implementación del sistema de captación, representa mejor la realidad actual de emisiones de la empresa.

Tabla 3-8: Factores de emisión de NO₂ y MP (kg/ton chatarrizada)

Año	NO _x	MP
2003	0,187	0,115
2004	0,180	0,121
2005	0,161	0,110
2006	0,083	0,046

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la emisión de SO_x y CO se hará uso de factores de emisión de la NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory) correspondientes al procesamiento de acero en arca eléctrica. Estos son de 0,154 (kg/ton acero) para SO_x y 0,714 (kg/ton acero) para CO.¹⁶

Los pesos promedio considerados de un automóvil se presentan en la Tabla 3-9, según las categorías definidas de vehículos.

Tabla 3-9: Peso de vehículo según categoría (ton)

Categoría	Peso
Vehículos livianos	2,2
Camiones Livianos	5,5
Camiones Medianos	12
Camiones Pesados	20

Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ Fuente: <http://www.naei.org.uk/emissions/index.php>

Con los factores de emisión y pesos presentados más arriba se calcula un factor de emisión por vehículo chatarrizado. Se debe tener en cuenta que el porcentaje de reciclaje del acero del vehículo llega, según Gerdau Aza, al 65% de su peso. Se presentan a continuación los factores de emisión por vehículo chatarrizado según el peso promedio del vehículo.

Tabla 3-10: Factores de emisión de contaminantes por vehículo chatarrizado por categoría de vehículo (grs/veh)

Categoría	NO _x	MP	SO _x	CO
Vehículos livianos	116	65	215	998
Camiones livianos	298	165	551	2.553
Camiones medianos	636	353	1.176	5.453
Camiones pesados	1.082	600	2.002	9.282

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Implementación de la metodología

A continuación se resume lo expuesto en el capítulo de formulación de la metodología para estimación de reducción de emisiones:

- $RedEmTotal_i = \sum_{t=t_0}^{\infty} DA_{i,t} \times p_i(t/t_0) \times [FE_{i,t} - FE_{Reemp,t}] - Em_{Rec}$ (Ecuación 3-4)
- $N_i = \int_{t=t_0}^{\infty} p_i(t/t_0)$ (Ecuación 3-6)
- $RedEmAnual_i = \frac{RedEmTotal_i}{N_i}$ (Ecuación 3-5)

Donde,

- $RedEmTotal_i$: corresponde a la reducción de emisiones totales producto de la chatarrización del vehículo i.
- $RedEmAnual_i$: Reducción de emisiones anual producto de la chatarrización del vehículo i.
- N_i : Esperanza de vida útil del vehículo i.
- $DA_{i,t}$: Distancia recorrida anualmente por el vehículo i, dependiente de su antigüedad al año t.
- t_0 : Año de análisis
- $p_i(t/t_0)$: Probabilidad de que el vehículo i esté en circulación en el año t, dado que está en circulación en el año t_0 .
- $FE_{i,t}$: Factor de emisión dependiente de la antigüedad del vehículo i al año t.
- $FE_{Reemp,t}$: Factor de emisión del vehículo de reemplazo del vehículo i dependiente de su antigüedad.
- Em_{Rec} : Emisiones del proceso de reciclaje.

Utilizando los siguientes supuestos:

- El vehículo chatarrizado es reemplazado por un vehículo nuevo de similares de características correspondiente al año en que se chatarriza efectivamente el vehículo

- Los vehículos de reemplazo y renovación recorren la misma distancia anual que el vehículo i.
- El vehículo de renovación tiene el mismo factor de emisión que el vehículo de reemplazo.
- El total de emisiones reducidas es relevante y no su necesariamente su distribución en el tiempo.

Como se mencionó en la parte final del capítulo 3.2.1, la metodología de estimación de reducción en emisiones a implementar dará nacimiento a tres tablas: Reducción anual de emisiones, Años vida útil restantes y Reducción total de emisiones. La tabla Reducción anual de emisiones corresponderá a las reducciones en emisiones que se reconocerán por vehículo anualmente. El tiempo de validez de este reconocimiento se tabula en la Tabla 3-1 en función del tipo de vehículo y de su año de fabricación, y corresponde a la esperanza de vida útil restante del vehículo. Finalmente, la tabla Reducción total de emisiones corresponde a las emisiones totales reconocidas por vehículo, esto es, durante los años de vida útil que le restan, y se calcula multiplicando las dos tablas anteriores.

A continuación se presentan las tablas de reducciones de emisión totales agrupadas quinquenalmente según año de modelo. Este agrupamiento de valores se basó en promedios simples de los mismos. En el anexo 8.8 se tabulan los valores para las reducciones anuales reconocidas.

Tabla 3-11: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **camiones livianos** a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	75	15	51	85	4.059
1980-1985	99	20	66	110	5.342
1986-1990	152	31	99	166	8.254
1991-1995	126	29	115	157	7.274
1996-1999	18	15	75	87	2.281
>1999	0	0	63	143	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-12: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **camiones medianos** a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	50	9	31	132	3.226
1980-1985	67	12	40	170	4.359
1986-1990	105	17	61	258	6.931
1991-1995	91	18	67	227	6.222
1996-1999	23	14	55	82	2.114
>1999	0	0	82	135	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-13: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **camiones pesados** a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	70	23	75	286	9.697
1980-1985	95	30	97	369	12.867
1986-1990	150	45	147	558	20.064
1991-1995	155	53	139	521	17.832
1996-1999	106	52	67	272	5.858
>1999	0	0	94	446	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-14: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **vehículos livianos de pasajeros a gasolina** según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	150	0	18	22	78
1980-1985	186	0	22	26	134
1986-1990	303	0	35	38	328
1991-1995	205	0	25	25	539
1996-1999	91	0	13	14	11
>1999	41	0	6	12	72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-15: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **vehículos livianos comerciales a gasolina** según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	107	0	18	24	51
1980-1985	139	0	22	28	108
1986-1990	249	0	35	40	308
1991-1995	226	0	28	33	805
1996-1999	143	0	14	23	1.405
>1999	73	0	6	11	459

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-16: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **vehículos livianos de pasajeros a diesel** según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	4,5	1,7	1,1	1,8	0
1980-1985	6,0	2,1	1,4	1,8	0
1986-1990	11	3,4	2,3	1,7	0
1991-1995	15	2,6	3,8	1,5	0
1996-1999	21	1,7	6,5	2,7	0
>1999	24	2.1	10	4.9	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-17: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para **vehículos livianos comerciales a diesel** según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM _{2.5}	COV	NO _x	CO ₂
<1980	6	2	1	10	325
1980-1985	9	3	1	12	476
1986-1990	17	5	2	18	1.015
1991-1995	16	4	4	32	1.686
1996-1999	10	3	7	53	1.682
>1999	14	4	11	87	126

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas con los valores correspondientes a las reducciones de emisiones anuales se encuentran en el anexo 8.8. Asimismo, las reducciones de emisiones totales y anuales, ahora utilizando los factores de emisión de COPERT III para realizar comparaciones, se pueden ver en el anexo 8.9.

La aplicación de la metodología se ejemplifica en el capítulo 4, donde se calculan las reducciones en emisión para un caso piloto y para el sector.

En cuanto a cómo se sigue usando esta metodología en el tiempo, los valores tabulados de reducciones totales y anuales y el período de reconocimiento de dichas reducciones, deben ser recalculados cada ciertos años, ya que muchos de los factores involucrados en los cálculos están en función de la antigüedad del vehículo, la que obviamente varía según el año de análisis. Como se mencionó anteriormente, para este estudio el año de análisis corresponde al 2009.

Es de opinión del consultor que los valores expuestos en las tablas de reducción de emisiones totales y anuales y de esperanza de vida han de ser recalculados por lo menos cada 3 años, o luego de una modificación importante en los factores involucrados en su cálculo (nueva estimación de factores de emisión, nuevos niveles de actividad estimados, etc.). Un ciclo de 3 años evita que la variación de los valores sea demasiado frecuente, pero no constituye un período tan largo como para permitir que los valores tabulados queden obsoletos.

El recalcado de estos valores será posible gracias a la implementación del Reporte Computacional y quedará a criterio de la autoridad informar debida y oportunamente de eventuales cambios establecidos.

3.4 Monitoreo del programa

El monitoreo, al no poder realizarse sobre las emisiones de los vehículos de recambio, se debe centrar en la etapa de entrega de certificados después de la revisión física y chatarrización. Estos certificados (de recepción conforme y chatarrización de la carrocería y del motor) tienen como objetivo asegurar que las partes contaminantes del antiguo vehículo no sean reutilizadas, de manera que se eliminen definitivamente del parque automotor.

Para acreditar la correcta entrega y validez de los certificados, se deben a su vez certificar y fiscalizar adecuadamente los centros de revisión y de desguace y chatarrización por parte de la

autoridad competente, asegurando de esta forma que se cumple con los requisitos dispuestos para la entrega del certificado de recepción conforme; y que los motores y carrocerías son efectivamente chatarrizados. Además, los centros de desguace y chatarrización deben acreditar un manejo adecuado de los residuos peligrosos del vehículo (aceites y otros líquidos), cumpliendo los estándares ambientales actualmente vigentes. El consultor considera que un funcionamiento óptimo de esta transferencia se lograría con la implementación de un registro que incorpore los códigos de identificación de la carrocería y del motor (número de motor y VIN por ejemplo), de manera que salgan del lugar de revisión física ya identificados y que se chequeen estos números al llegar a la chatarrizadora.

3.5 Ficha técnica

La ficha técnica del proyecto pretende resumir todos los datos relevantes y el estado de un proyecto de chatarrización, convirtiéndose en un reporte resumen del proyecto. Esta ficha está dividida en dos secciones: la primera concerniente a los datos del proyecto (Figura 3-1) y la segunda al estado en que se encuentra el proyecto al momento de la consulta. Las siguientes figuras representan un ejemplo de una ficha técnica tipo que resume los datos generales del proyecto.

Figura 3-13: Ejemplo Ficha Técnica-Datos Generales del Proyecto

FICHA TÉCNICA	
Programa Chatarrización de Vehículos Livianos y Camiones	
<i>Datos Generales del Proyecto</i>	
PROYECTO	
N° Registro	452
Fecha presentación	8/07/2009
PROPONENTE	
Nombre	Ejemplo S.A.
Dirección	Av. San Juan #842 , Renca
Razón Social	Empresa Ejemplo Limitada
Teléfonos	3502525-3509999
RESPONSABLE	
Nombre	Juan Covarrubias Melo
Dirección	Av. Libertador #545
Teléfonos	8775487
E-mail	jcov@ejemplo.cl
REDUCCIÓN EMISIONES	
N° Vehículos Livianos	40
N° Camiones	50
Reducciones reclamadas (ton)	
CO	2.1
MP2,5	5.4
COV	6.0
NOx	6.4
CO ₂	7.0
OBSERVACIONES	
Sin Observaciones	

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes definiciones se refieren a los campos utilizados en la ficha técnica anterior:

- N° Registro: Número que identifica en forma única al proyecto
- Fecha presentación: Fecha de postulación del proyecto
- Proponente: Empresa que patrocina el proyecto
- Responsable: Persona que será la interlocutora entre CONAMA y el proponente
- Reducción emisiones: Se refiere a la reducción de emisiones estimada para el proyecto
- N° Vehículos Livianos: Número de vehículos livianos que se propone chatarrizar

- N° Camiones: Número de camiones que se propone chatarrizar
- Reducciones reclamadas: Reducciones derivadas de la chatarrización de todos los vehículos del proyecto

En cuanto a la sección del estado del proyecto, la Figura 3-14 representa un ejemplo.

Figura 3-14: Ejemplo Ficha Técnica- Estado del Proyecto

FICHA TÉCNICA			
Programa Chatarrización de Vehículos Livianos y Camiones			
<i>Estado del Proyecto</i>			
N° Registro			452
Fecha Consulta			9/11/2009
Etapas programa	Estados	Vehículos livianos	Camiones
Inscripción al Programa	Verificación Requisitos	4	2
Inscripción al Programa	Aprobado	4	6
Inscripción al Programa	Rechazado	2	1
Inscripción al Programa	Información Incompleta	3	2
Revisión física	En espera	3	7
Revisión física	Aprobado	2	4
Revisión física	Rechazado	3	2
Ingreso al Programa	Aprobado	10	5
Ingreso al Programa	Rechazado	2	3
Ingreso al Programa	En espera	7	18
Total		40	50
Reducciones del proyecto a la fecha (ton)			
	CO	1,1	
	MP2,5	2,4	
	COV	3,0	
	NOx	1,4	
	CO ₂	4,0	

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 3-14, el estado de un proyecto se establece a partir del estado de cada de uno de los vehículos a chatarrizar, al igual que las reducciones del proyecto, las que provienen de los vehículos que ya han sido aceptados en el programa.

4. Cálculo reducción de emisiones

Este capítulo ejemplifica el cálculo de la reducción en emisiones a través del uso de las tablas descritas en el capítulo 3.3 para un caso piloto y luego para todo el sector de vehículos livianos y camiones.

4.1 Caso piloto

El programa de chatarrización considera la ejecución de un ejercicio piloto para verificar su aplicación.

4.1.1 Parque

La estimación del parque de vehículos del programa piloto se basó en una lista de 174 camiones dispuestos a entrar un programa de chatarrización, facilitada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y elaborada en el marco de un acuerdo entre la Subsecretaría de Transportes, CONAMA RM y Confederación Nacional de Dueños de Camiones (CNDC). De esta lista se seleccionaron aquellos aptos para chatarrizar (sin embargo, sin errores en patente etc.), obteniéndose la siguiente tabla de 115 camiones que resume los parámetros que interesan para el cálculo de reducción de emisiones:

Tabla 4-1: Lista de camiones entregados por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Categoría	Año modelo	Cantidad
Mediano	<1980	43
	1980-1985	31
	1986-1990	7
	1991-1995	7
	1996-1999	0
Pesado	<1980	8
	1980-1985	17
	1986-1990	2
	1991-1995	0
	1996-1999	0
Total		115

Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Ya que la lista anterior no contiene camiones livianos y ni vehículos livianos se decidió completar la lista anterior asumiendo que se chatarrizarán igual cantidad de camiones livianos que pesados (manteniendo las proporciones según año modelo). Además se asumirá que el total de camiones es igual al total de vehículos livianos y que el total de vehículos livianos particulares será el doble de los comerciales. Respecto a los combustibles, la mitad de cada categoría de vehículos livianos (particular y comercial) será gasolinero. En cuanto a las proporciones según año modelo para vehículos livianos éstas serán idénticas a las de camiones pesados. Los supuestos anteriores son sólo para ejemplificar los cálculos de reducción de emisiones y no obedecen a ningún otro criterio.

Las siguientes tablas representan el parque considerado para el caso piloto según la información requerida para el cálculo de reducción de emisiones (todos los camiones son diesel):

Tabla 4-2: Lista de camiones caso piloto

Año modelo	Liviano	Mediano	Pesado
<1980	8	43	8
1980-1985	17	31	17
1986-1990	2	7	2
1991-1995	0	7	0
1996-1999	0	0	0
Total	27	88	27

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-3: Lista de vehículos livianos caso piloto

Año modelo	Gasolina		Diesel	
	Particular	Comercial	Particular	Comercial
<1980	23	12	23	12
1980-1985	17	8	17	8
1986-1990	4	2	4	2
1991-1995	4	2	4	2
1996-1999	0	0	0	0
Total	48	24	48	24

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2 Reducción de emisiones

Utilizando la información de las tablas anteriores respecto al parque de vehículos y las tablas de reducción de emisiones totales del capítulo 3.3 se obtienen los siguientes resultados de reducción de emisiones para el caso piloto.

Tabla 4-4: Reducción de emisiones caso piloto para camiones (ton)

Año	CO	PM _{2.5}	COV	NO _x	CO ₂
<1980	3,3	0,7	2,3	8,6	248,8
1980-1985	5,4	1,2	4,0	13,4	444,7
1986-1990	1,3	0,3	0,9	3,3	105,2
1991-1995	0,6	0,1	0,5	1,6	43,6
1996-1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	10,6	2,3	7,7	26,9	842,1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-5: Reducción de emisiones caso piloto para vehículos livianos (ton)

Año	CO	PM _{2,5}	COV	NO _x	CO ₂
<1980	4,9	0,1	0,7	1,0	6,3
1980-1985	4,4	0,1	0,6	0,8	6,9
1986-1990	1,8	0,0	0,2	0,3	4,0
1991-1995	1,4	0,0	0,2	0,2	7,1
1996-1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	12,5	0,2	1,6	2,3	24,3

Fuente: Elaboración Propia.

Las tablas anteriores asumen que todos los vehículos son chatarrizados.

4.2 Sector

El segundo ejemplo de cálculo corresponde a las reducciones potenciales del sector, las que se estiman de manera similar al caso piloto recién expuesto, pero con la diferencia de que el parque analizado ahora corresponde al parque completo de vehículos livianos y camiones de la RM.

4.2.1 Parque

La siguiente tabla presenta el número de vehículos estimado en DICTUC (2007) para la RM según las clasificaciones atinentes al cálculo de reducción de emisiones:

Tabla 4-6: Parque Camiones RM

Año modelo	Liviano	Mediano	Pesado
<1980	206	786	362
1980-1985	478	1.259	665
1986-1990	615	918	549
1991-1995	1.948	1.711	1.538
1996-1999	3.973	2.808	2.758
Total	7.221	7.483	5.872

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-7: Parque Vehículos Livianos RM

Año modelo	Gasolina		Diesel	
	Particular	Comercial	Particular	Comercial
<1980	31.969	4.911	664	780
1980-1985	74.399	12.704	1.228	1.502
1986-1990	44.508	15.595	741	2.275
1991-1995	121.932	45.221	521	6.454
1996-1999	193.763	65.037	424	12.723
Total	466.570	143.469	3.578	23.734

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2 Reducción de emisiones

Utilizando la información de las tablas anteriores respecto al parque de vehículos y las tablas de reducción de emisiones totales del capítulo 3.3 se obtienen los siguientes resultados de reducción de emisiones para el sector en análisis.

Tabla 4-8: Reducción de emisiones del sector para camiones (ton)

Año	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	80	19	62	225	6.882
1980-1985	194	44	146	513	16.600
1986-1990	273	60	197	645	22.461
1991-1995	640	170	553	1.496	52.249
1996-1999	428	240	641	1.326	31.151
>1999	-	-	3.113	9.827	-
Total	1.614	533	4.713	14.032	129.344

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-9: Reducción de emisiones del sector para vehículos livianos (ton)

Año	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	5.342	3	652	844	2.988
1980-1985	15.616	7	1.896	2.322	12.064
1986-1990	17.431	14	2.120	2.352	21.705
1991-1995	35.271	30	4.296	4.750	113.015
1996-1999	29.301	39	3.887	5.223	117.790
>1999	33.957	388	5.284	16.076	118.003
Total	136.917	481	18.136	31.566	385.565

Fuente: Elaboración Propia.

Las tablas anteriores asumen que todos los vehículos son chatarrizados.

5. Conclusiones y recomendaciones

En general este programa sigue lo recomendado por las fuentes internacionales en cuanto a la definición de requerimientos, etapas, metodología y otros.

En cuanto a los requerimientos para la chatarrización del vehículo cobra importancia la real chatarrización de los elementos del sistema de emisiones, como el motor y las tecnologías de control de emisiones (convertidor catalítico) del vehículo, con el objetivo de asegurar que estos elementos no sean reutilizados en otros vehículos. Además, los requerimientos planteados en este programa buscan descalificar aquellos vehículos que no circulen efectivamente en la RM, evitando que se chatarricen vehículos que actualmente no están emitiendo.

Respecto a las etapas del programa queda por definir de parte de la autoridad si exigirá o no el cumplimiento de requisitos para la postulación de un proyecto de chatarrización, como por ejemplo, una cantidad mínima de vehículos a chatarrizar o reducciones mínimas en emisiones. Es de opinión del consultor que es más conveniente dar flexibilidad al programa, dejando a criterio del proponente el número de vehículos a chatarrizar. No obstante, la autoridad estimará los costos asociados a la tramitación de un proyecto, con lo que podrá estimar qué cantidad de vehículos chatarrizados permiten compensar dichos costos.

Relativo a la metodología de cálculo ésta no inspiró su formulación en experiencias internacionales de chatarrización, pero sí basó su implementación en lo ejecutado por el programa de chatarrización de vehículos de la “AIR RESOURCE BOARD” del Estado de California de E.E.U.U. Para ello se tabularon las reducciones de emisiones totales y se estimaron reducciones anuales y años de vida. Lo anterior se realizó para simplificar la implementación del programa ya que es más intuitivo pensar en reducciones anuales y años de vida útil que en factores de emisión, niveles de actividad, factores de deterioro y probabilidad de vida. Este último término fue el que aportó la información para estimar los años de vida útil que le restan al vehículo, a diferencia de otras metodologías como la de la “AIR RESOURCE BOARD” del Estado de California de E.E.U.U. donde se estimó este parámetro en base a encuestas.

Para el éxito del programa es necesario un adecuado monitoreo de su funcionamiento considerando aspectos claves como emisiones reales de los vehículos chatarrizados y requerimientos para acceder al programa, entre otros. Para esto el consultor considera clave conocer lo más precisamente posible los factores de emisión (emisiones unitarias) de los vehículos chatarrizados y de los vehículos de recambio. Por lo tanto, los esfuerzos de monitoreo deberán enfocarse principalmente en mejorar las estimaciones de las emisiones unitarias de vehículos que actualmente se poseen (COPERT 4).

El consultor considera que lo anterior (mejoramiento de los factores de emisión) escapa al alcance del presente proyecto, ya que las estimaciones a partir de experiencias nacionales involucran un importante volumen de esfuerzo y estudio (UNTEC, 2007). No obstante, se recomienda explorar la posibilidad de utilizar la información de gases de la revisión técnica para

estimar los verdaderos niveles de emisión de los vehículos a chatarrizar, y así ajustar los valores internacionales utilizados.

Una importante discusión se desprende de la fuente de factores de emisión utilizadas para estimar las reducciones de emisión, ya que como lo muestra este informe existen diferencias considerables según la fuente escogida (las reducciones para los factores de emisión basados en Copert III son mayores a las obtenidas con los factores de emisión basados en Copert 4). Por esto el consultor entrega los resultados en términos de reducción de emisiones para ambos tipos de factores de emisión, quedando a juicio de la autoridad el factor de emisión finalmente utilizado. En cuanto a los antecedentes para tomar esta decisión el presente estudio contiene un capítulo con las comparaciones entre ambas fuentes de factores de emisión, además de gráficos que exponen comportamientos de los factores Copert 4 sujetos a una discusión mayor, como el aumento de emisiones para ciertos contaminantes a medida que mejoran las tecnologías. El consultor considera que todo lo anterior amerita una discusión que va más allá de este Estudio, y que involucre otros actores y estudios para analizar qué fuente de factores de emisión se ajusta de mejor manera a la realidad nacional. Para mayor transparencia en anexo electrónico adjunto a este informe se entregan los factores de emisión utilizados en este informe.

Por otro lado, queda fuera del alcance del presente Estudio ahondar en la validez legal de lo informado por el Reporte Computacional en cuanto a las emisiones reducidas, toda vez que este Estudio trata sobre la metodología de cálculo de reducción de emisiones y no sobre la implementación legal del programa de chatarrización. Por otro lado, queda también fuera del alcance del proyecto estimar un beneficio para un eventual programa voluntario de chatarrización que incentive la inclusión al programa de vehículos contaminantes de forma voluntaria, no obstante, en anexo (ver capítulo 8.1) pueden consultarse algunas experiencias internacionales.

En cuanto a las recomendaciones, se propone la creación de una ficha electrónica para cada vehículo inscrito en la RM, en la cual se lleve un registro detallado de todas las revisiones, modificaciones, reparaciones, etc. que se le hagan durante su vida. Esta ficha ha de estar disponible para cada taller, concesionario y centro de revisión técnica autorizado. Esta iniciativa busca realizar un seguimiento que transparente y facilite cualquier acción sobre el vehículo, incluyendo su desarme y disposición final.

Asimismo, se propone la realización de una encuesta que estudie el perfil del chatarrizador, con el objeto de prever su comportamiento frente al programa y así poder mejorar los detalles de éste.

Tal como se mencionó en el capítulo 3.3 el período de reconocimiento de reducción de emisiones corresponde a la esperanza de vida útil del vehículo (ver Tabla 3-1). Ahora bien, ya que la presente metodología es indiferente a la distribución temporal de las emisiones reducidas pues considera reducciones anuales de igual magnitud, un cambio a estudiar podría ser dar la posibilidad al beneficiario de la reducción en emisiones de escoger el flujo temporal de las mismas. Por ejemplo, si la reducción de emisiones de las cuales se beneficia corresponden a 5 toneladas de cierto contaminante, el beneficiario podría escoger, entre otras opciones, un reconocimiento de 1 tonelada de contaminante por 5 años, o 3 toneladas al primer año y 2 al

segundo, 5 toneladas al cuarto año, etc. Lo anterior en función de las necesidades propias del beneficiario.

6. Glosario

MIC: Ministerio Industrias y Competitividad de Ecuador

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transporte

SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Monedas

CAD: Dólares de Canadá

MXN: Pesos de México

USD: Dólares de Estados Unidos

CLP: Pesos de Chile

Países

EE.UU: Estados Unidos de América

Parámetros

FE: Factor de Emisión

7. Referencias

- Australia, E. (2002). Environmental Impact of End-of-Life Vehicles. D. O. T. Environment.
- California Environmental Protection Agency. (2007). "Voluntary Accelerated Vehicle Retirement Program. "Final Regulation Order"."
- Caserinia, S., M. Giuglianoa, et al. (2008). "Traffic emission scenarios in Lombardy region in 1998–2015." Science of the total environment(3 8 9): 4 5 3 – 4 6 5.
- Castells, X. E. (2000). Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción, Ediciones Díaz de Santos.
- Corvalán, R. M. y M. Osses (1998). Estudio para el control de los Óxidos de Nitrógeno (NOx) Emitidos por el Tubo de Escape de Vehículos Motorizados, Departamento de Ingeniería Mecánica U. de Chile. .
- DICTUC (2007). Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana. Santiago.
- Dill, J. L. (2001). Travel Behavior and Older Vehicles: Implications for Air Quality and Voluntary Accelerated Vehicle Retirement Programs. Berkeley, University of California. **Doctor of Philosophy in City and Regional Planning**.
- EMEP/CORINAIR (2006). Emission Inventory Guidebook. Group 7: Road transport.
- Environment Canada. (2009). "Canada's New National Vehicle Scrappage Program." Retrieved Mar 03, 2009, from <http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/default.asp?lang=en&n=F8711200-1>.
- EPA (2009). Mandatory Reporting of Greenhouse Gases. EPA.
- EPA, O. o. R. a. D. (1997). Air emissions from scrap tire combustion. EPA.
- European Environment Agency. (2007). "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook " 3rd Edition. from http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2001_3/page016.html.
- Garrone, G. (2004). Scrapping Old Cars for Reducing Air Pollution: An Environmental Evaluation of the Italian 1997-1998 Incentive Policy.
- Heaven, C. (2009). Car Heaven: Where Old Cars come to a good end.
- ICF (2006). Life-Cycle Greenhouse Gas Emission Factors for Scrap Tires.

IPCC (2006). Emission Factor Report (ID:214158).

IPCC (2006). Emission Factor Report (ID: 214097).

Kanari, N., J.-L. Pineau, et al. (2003). "End-of-Life Vehicle Recycling in the European Union." JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society(Volume 55, Number 8 / August, 2003): 15-19.

Lepeley, F. y L. Cifuentes (1998). Cost effectiveness of early retirement programs of gasoline powered vehicles in Santiago, Chile. World Congress of Environmental and Resource Economists, Venice, Italy.

Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España (2007). Real Decreto Ley 13/2006, Ley PREVER.

N. Kanari, J.-L. P., S. Shallari (2003) End-of-life vehicle recycling in the european union. JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society **Volume**, DOI:

NAEI. (2007, 2007). "National Atmospheric Emissions Inventory." from <http://www.naei.org.uk/emissions/selection.php>.

Old Car Buy Back. (2009). "The Old Car Buy Back and Scrap Program." Retrieved Mar 04, 2009.

Osses, M. y F. Dursbeck (2001) Modelo de emisión de contaminantes atmosféricos producidos por transporte urbano: el caso de Santiago de Chile. **Volume**, DOI:

Pantoja, J. L. (1995). ¿Qué se hace en España con los aceites usados?

Parlamento Europeo (2000). Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil, Parlamento Europeo.

Presidencia Constitucional de la República del Ecuador (2008). Decreto 1145. Ecuador.

Samaras, Z., L. Ntziachristosa, et al. (2008). European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT. Final Report. Thessaloniki: 260.

Sen. Dianne Feinstein`s Office. (2009). "Measure Introduced by Senators Feinstein, Collins, and Schumer Would Establish National Incentive Program for Voluntary Retirement of Fuel-Inefficient Vehicles." Retrieved Mar 05, 2009, from http://www.feinstein.senate.gov/public/index.cfm?FuseAction=NewsRoom.PressReleases&ContentRecord_id=d6137935-0a4f-1ab7-ddb4-8a1760ea170c&Region_id=&Issue_id=.

Seoánez, M. (2000). Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos: El reciclado en la naturaleza, el reciclado en el medio agrario, el reciclado y la recuperación en el medio urbano, el reciclado y la recuperación en el medio industrial: casos prácticos de cada sector, Mundi-Prensa Libros.

Shulman, V. L. (2004). Tyre Recycling, iSmithers Rapra.

South Coast AQMD. (2009). "SCAQMD Old-Vehicle Scrapping Program." Retrieved Mar 03, 2009, from <http://www.aqmd.gov/prdas/OldVehicleScrapping/mainpage.html>.

Steil, H. U. (1997). Lead-acid batteries: State of environmentally sound recovery and recycling. 3rd. International Battery Recycling Congress. Netherlands.

UNTEC (2007). Actualización de factores de emisión para buses y transporte de carga de la región metropolitana. Santiago, Departamento de ingeniería mecánica universidad de Chile.

Valdebenito, M. Reciclaje de neumáticos: Un pasivo ambiental en tierra de nadie El Mercurio.

WBCSD (2008). Managing End-of-Life Tires.

8. Anexos

8.1 Experiencia internacional

En esta sección se detalla la experiencia internacional en programas de chatarrización en distintos países del Globo.

8.1.1 EE.UU

En EE.UU. los principales programas de retiro voluntario de vehículos se encuentran en funcionamiento en el Estado de California, siendo su finalidad la reducción de contaminación atmosférica (como en el caso del programa *The Old Car Buy Back and Scrap Program* en los distritos de Bay Area, Santa Barbara County y Antelope Valley) o la generación de créditos de reducción de emisiones (como es el caso del programa de South Coast).

Actualmente se está discutiendo la posibilidad de diseñar un programa nacional de retiro de vehículos que permitirá producir la renovación de la flota vehicular, y además generar un menor consumo de combustible (al producir el recambio de vehículos antiguos de alto consumo por vehículos más eficientes) e incentivar la economía.

California

En el Estado de California existen varios programas de retiro voluntario de vehículos (Voluntary Accelerated Vehicle Retirement Programs) en distintos distritos, que están en funcionamiento desde la década de los 1990. La ley del Estado de California, permite que los distritos hagan uso de los fondos destinados a vehículos motorizados para financiar programas como es el caso del retiro voluntario acelerado de vehículos. Los distritos de California que en la actualidad tiene programas de chatarrización de vehículos son:

- Antelope Valley Air Quality Management District
- Bay Area Air Quality Management District
- Santa Barbara County Air Pollution Control District
- South Coast Air Quality Management District

Los programas no están operados por el Estado de California, sino más bien individualmente por cada distrito. Como requisito común es que los vehículos estén en funcionamiento y hayan aprobado la revisión de gases (Smog Check Inspection).

a) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

Los requerimientos para acceder al programa se enumeran a continuación¹⁷:

1. Aplica a vehículos de pasajeros, pickup, SUV o Van cuyo peso bruto es menor a 8.500 libras. El año de fabricación del vehículo tiene que ser igual o anterior a los presentados en la Tabla 8-1, en la cual se presenta además el monto del incentivo entregado, ambos valores son propios del distrito al que pertenece el programa:

¹⁷ Requisitos obtenidos de *The Old Car Buy Back Program*, disponible en: <http://www.oldcarbuyback.com>

Tabla 8-1: Año Límite de Fabricación y Monto de incentivos en programas del Estado de California

Programa	Año de fabricación límite	Monto incentivo (USD)
Antelope Valley	1988	700
Bay Area	1987	650
Santa Barbara County	1992	800
South Coast	-	Dependiendo del año de fabricación y tipo de vehículo

Fuente: (Old Car Buy Back, 2009; South Coast AQMD, 2009)

2. El vehículo tiene que haber estado registrado en el departamento de vehículos motorizados el Estado de California (California Department of Motor Vehicles), por al menos 24 meses consecutivos antes de la fecha última de venta al programa.
3. Tiene que haber aprobado la revisión de gases, en la inspección realizada de acuerdo a lo requerido por el Departamento de Vehículos Motorizados.
4. Si el vehículo tiene su siguiente inspección de gases en un período entre 61 y 90 días, no es necesario tener la inspección. Pero si ésta se llevase a cabo, tiene que ser aprobada.
5. Si el vehículo tiene su siguiente inspección de gases en un período antes de 60 días, el vehículo tiene que realizar la inspección y aprobarla.
6. El vehículo tiene que ser manejado a un lugar de desmantelamiento asignado y cercano.

Además hay otros requerimientos asociados al funcionamiento y equipamiento del vehículo:

1. El vehículo tiene que ser manejado a un lugar de desmantelamiento utilizando energía propia.

El vehículo será revisado y deberá cumplir con lo siguiente:

2. Todas las puertas deberán estar en su lugar.
3. El capó deberá estar en su lugar.
4. El tablero deberá estar en su lugar.
5. Parabrisas deberá estar en su lugar.
6. El asiento del piloto deberá estar en su lugar.
7. Pedales interiores deberán estar funcionando.
8. Un parachoques y todos los paneles deberán estar en su lugar.
9. Conducción no podrá estar afectada por ningún daño en el cuerpo, la dirección o suspensión.
10. Sistema de escape deberá estar en su lugar.
11. El vehículo deberá tener en lugar por lo menos una luz delantera, una luz trasera y una luz de freno.
12. Una ventana de lateral deberá estar en su lugar.

13. El sistema de control de emisión no deberá mostrar signos obvios de manipulación, como por ejemplo falta de convertidor catalítico.
14. Además, el vehículo deberá aprobar la siguiente inspección: se ingresará la llave y el vehículo deberá encenderse de manera normal. El vehículo se manejará por un mínimo de 25 pies en marcha delantera utilizando energía propia y luego un mínimo de 25 pies en retroceso utilizando energía propia.

Al finalizar satisfactoriamente la inspección, el desmantelador del vehículo otorgará un certificado de cumplimiento de elegibilidad de funcionamiento y equipamiento.

b) Procedimiento programa

1. Enviar por fax certificado de propiedad del vehículo, una copia de los 3 más recientes certificados de registro, y teléfono de contacto a Environmental Engineering Studies, Inc. (Fax: 1-760-634-0922).
2. Luego de recibir el fax, si el vehículo cumple con los requerimientos exigidos por el programa, se concertará una cita para realizar la inspección asociada al funcionamiento y equipamiento del vehículo. Se deberán aprobar ambos sets de requerimientos para entrar al programa.

Otros

Hay información acerca de otros programas pilotos realizados en diversas ciudades del país (Denver, Delaware, Baltimore, Illinois, etc.) en los años 90 (Dill, 2001).

En la actualidad se discute la posibilidad de pasar una ley en el senado de EE.UU. para impulsar un programa a nivel nacional conocido informalmente como *Cash for Clunkers*, o formalmente como *Voluntary Retirement of Fuel-Inefficient Vehicles*. Dicho programa pretende incentivar el recambio de vehículos (livianos y pesados) de alto consumo de combustible por vehículos de alta eficiencia. El vehículo que se desea recambiar deberá tener un rendimiento menor a 18 millas por galón, estar en condiciones de manejo y haber estado registrado por lo menos por 120 días. El incentivo a entregar es un bono con un valor entre USD 2.500 y USD 4.500, el cual podrá ser utilizado para la compra de un vehículo con mejor eficiencia en consumo de combustible, o para la utilización del transporte público. El programa estará en funcionamiento entre 2009 y 2012 (Sen. Dianne Feinstein's Office, 2009).

a) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

- Vehículo deberá estar en condiciones de manejo.
- Estar registrado en la actualidad en EE.UU.
- Tener un rendimiento menor a 18 millas por galón (cuando el vehículo estaba nuevo).

Los incentivos entregados se presentan en la Tabla 8-2:

Tabla 8-2: Incentivos del programa Nacional de retiro de vehículos de EE.UU.

Año Modelo	Tipo de Incentivo		
	Compra de vehículo nuevo (USD)	Compra de vehículo usado (USD)	Crédito a ser utilizado en transporte público (USD)
2002 o después	4.500	3.000	3.000
1999-2001	3.000	2.000	2.000
1998 o anterior	2.000	1.500	1.500

Fuente: (Sen. Dianne Feinstein's Office, 2009)

8.1.2 Canadá

El primer programa en Canadá comenzó en 1996 (programa Scrap-It) en la región de British Columbia. A continuación fueron apareciendo distintos programas sin fines de lucro que tenían objetivos similares a los de Scrap-It, pero en otras regiones del país. Al año 2007 había acceso a reciclaje de vehículos en todo el país. El gobierno de Canadá aportó CAD 3.4 millones para ayudar al financiamiento de los programas existentes hasta finales del año 2008.

A partir de enero de 2009 entra en funcionamiento el Programa Nacional de Chatarrización de Vehículos, con un presupuesto de CAD 92 millones que permitirá financiar programas y pagar incentivos para el retiro voluntario de vehículos antiguos y altamente contaminantes. El programa será coordinado por la ONG Clean Air Foundation, que coordinará el programa a nivel nacional con el apoyo de los programas locales de chatarrización.¹⁸

Tabla 8-3: Programas de Chatarrización en Canadá

Región	Programa	Página Web
Nivel Nacional	Car Heaven	www.carheaven.ca
British Columbia	Scrap-It	www.scrapit.ca
Manitoba	Bye Bye Beaters	www.mb.lung.ca/beaters/
Quebec y Montreal	Faites de l'air	www.aqlpa.com
New Brunswick	Vehicle Scrappage	www.nb.lung.ca/programs/Outdoor_Air_Quality/vehicle_scrap_page.htm

Fuente: (Environment Canada, 2009)

Los programas de reciclaje de vehículos en Canadá, y específicamente el programa nacional de reciclaje de vehículos, de carácter voluntario, fueron diseñados para producir una mejora en la calidad del aire, reduciendo el esmog y gases de efecto invernadero. El reciclaje de los vehículos se lleva a cabo siguiendo estrictas normas, que exigen a los recicladores buenas prácticas

¹⁸ Environment Canada. (2009). "Canada's New National Vehicle Scrappage Program." Retrieved Mar 03, 2009, from <http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/default.asp?lang=en&n=F8711200-1>.

ambientales. Si el proceso no se lleva a cabo de manera adecuada, es posible que se genere contaminación peligrosa, principalmente por la filtración a napas subterráneas de sustancias como aceites, refrigerantes y mercurio. Por esto mismo, la agencia de medio ambiente de Canadá (Environment Canada) trabaja en conjunto con el grupo de recicladores de Canadá (Automotive Recyclers of Canada) para generar un código nacional de prácticas que permita asegurar una alta normativa ambiental y buenas prácticas para el reciclaje de vehículos.

Se elige un incentivo a cambio del vehículo de la siguiente lista:

- Pases de transporte público gratis por entre 12 y 24 meses
- Membresía en programas de uso compartido de vehículos
- USD 300 en efectivo
- Descuento en la compra de un vehículo nuevo

a) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

- Aplica a vehículos particulares (vehículos livianos, pickup, minivan o SUV) que tengan año de fabricación de 1995 o anterior.
- El vehículo tiene que estar en condiciones de funcionamiento.
- Tiene que estar registrado y asegurado con el dueño actual por lo menos por los últimos 6 meses.

También hay una posibilidad para dueños de vehículos que no cumplen los requisitos para el programa nacional de enviar a reciclar sus vehículos y obtener un recibo válido por una reducción de impuestos equivalente al valor del metal obtenido.

Además, pueden existir otros requisitos específicos de la región y programa de reciclaje. Mayor información sobre estos es posible encontrarla en los programas respectivos.

b) Procedimiento programa

1. Contactarse con uno de los programas locales.
2. Llenar formulario de donación en línea o a través de contacto telefónico.
3. Enviar documento de registro del vehículo y copia del seguro actual por correo a las oficinas del programa local.
4. Después de dos semanas el vehículo entra al proceso de reciclaje. Dependiendo de la zona geográfica donde se esté realizando el reciclaje y del programa escogido, el vehículo debe ser manejado a las instalaciones del programa o éste será retirado en el domicilio del cliente (donador).

8.1.3 Europa

Europa durante ya varios años ha creado y aplicado programas de incentivos para el retiro de vehículos viejos, los cuales poseen grandes emisiones de contaminantes comparado con los

estándares actuales. La Tabla 8-4 resume algunos de los países europeos que han aplicado algunos programas de chatarrización.

Tabla 8-4: Países europeos que han empleado programas de chatarrización

País	Años de aplicaciones para distintos programas
Grecia	1991-1993
Dinamarca	1994-1995
España	1994-2009
Francia	1994-1996
Irlanda	1995-1997
Italia	1997-2007
Portugal	2000-2001
Alemania	2009-2010

Fuente: European Enviroment Agency

Si bien los programas poseen diferentes tipos de beneficios y compensaciones para quienes ingresen a ellos, todos tienen por objetivo la reducción de emisiones y, sobre todo en el último tiempo debido a la crisis económica mundial, el incentivo en la venta de automóviles nuevos. Para países desarrollados con una gran industria del automóvil este punto no es despreciable ya que un porcentaje no menor de su economía se basa en dicho rubro, por lo que incentivos para frenar la desaceleración se transforman en proyectos relevantes.

El cambio climático y la obligación de adquirir vehículos de bajas emisiones también se ha transformado en tendencia en los países europeos y por ello España y Alemania han lanzado en los últimos años (2008 y 2009 respectivamente) leyes que cubren estos dos aspectos tan relevantes en nuestros días. Asimismo, se debate en Inglaterra y otros países de la comunidad europea la pronta aplicación de planes similares.

España

España ha sido uno de los pioneros en el continente en la aplicación de planes para retirar de circulación vehículos viejos debido a que comparativamente poseía, en la década de los 90', uno de los parques con promedio de edad mayor, y en consecuencia, con las mayores emisiones. El gobierno español ha impulsado 3 grandes planes al respecto RENOVE, PREVER y VIVE.

a) Plan PREVER

Es el segundo plan aplicado en España legalizado mediante el Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil¹⁹.

¹⁹ Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España (2007). Real Decreto Ley 13/2006, Ley PREVER.

Se obliga mediante ley la entrega de los vehículos que sean dados de baja a Centros Autorizados de Tratamiento (CAT) o a una recepción regulada, organismos creados especialmente para el plan. La entrega de este vehículo no implica ningún costo para el propietario y posee beneficios para la adquisición de un vehículo nuevo.

b) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

1. Antigüedad igual o superior a 10 años
2. Haber sido dado de baja para su desmantelación y no haber transcurrido más de 6 meses desde dicha baja hasta la matriculación del vehículo nuevo.
3. El vehículo nuevo deberá ser de a lo más 2.500 cc.

Se debe exigir la entrega de un documento que acredita la destrucción del vehículo con su consecuente eliminación del Registro de Vehículos de la Dirección General de Tránsito. Este proceso es fundamental para obtener los beneficios del programa, por lo que debe ser adquirido antes de iniciar los trámites para el vehículo nuevo.

El plan también integra un programa dirigido a los fabricantes de vehículos, materiales y equipamiento con el objetivo de facilitar la desmantelación, reutilización, clasificación y reciclaje de las distintas piezas de vehículos antiguos, denominándose Plan de Prevención.

1. Diseño de acuerdo a limitar la utilización de sustancias peligrosas en la fabricación de los vehículos. Prohibición en la utilización de plomo, cadmio, mercurio y cromo con excepciones específicas.
2. Diseño que implique facilidad en el desmontaje, descontaminación, la reutilización y la valorización del vehículo al final de la vida útil.
3. Utilización de códigos para facilitar componentes que puedan ser reutilizados o valorizados.
4. Proporcionar la información necesaria a los encargados del tratamiento de VFU la identificación y localización de componentes peligrosos para el desmontaje de vehículos.
5. Información a los consumidores sobre las características del vehículo en cuanto a protección medioambiental en las distintas etapas de fabricación del mismo y posterior a su vida útil.

c) Compensación y beneficios

1. Reducción en la matriculación de un vehículo nuevo de hasta 480,81 euros, aunque sin exceder la cuota del mismo, y para quienes hayan sido titulares de un auto con las características mencionadas anteriormente
2. Bonificación de 721 euros para vehículos dados de baja que utilicen bencina con plomo (Incentivo suprimido en la última etapa del plan, 2007)

Posteriormente en 2007, se realizaron algunos cambios en los incentivos del plan PREVER, reduciendo los mismos trayendo como consecuencia que 20.000 autos que podrían haber

ingresado al programa de haberse mantenido las condiciones, continuaran en las calles (Fuente: ANFAC).

d) Plan VIVE

Es el último plan de chatarrización empleado en España. Su período de ejercicio comenzó el 2008 y se extiende hasta el 31 de julio de 2010.

La característica principal de este plan es otorgar créditos convenientes a los usuarios de vehículos viejos de altas emisiones para la adquisición de un auto nuevo. Además de renovar la flota de vehículos, VIVE tiene por objetivo reducir la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂) a través de restricciones en los FE para los vehículos nuevos que ingresen mediante el plan.

Los beneficiarios podrán ser personas físicas, autónomas o PYMES.

e) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

1. Adquirir un vehículo nuevo o usado hasta 5 años de antigüedad
2. Dar de baja un vehículo usado de su propiedad mayor de 10 años de antigüedad o con más de 250.000 km recorridos. Si la elección es cambiarlo por un vehículo usado, el vehículo a dar de baja deberá tener a lo menos 15 años de antigüedad
3. El vehículo adquirido deberá cumplir con alguno de los siguientes requisitos adicionales de emisión:
 - Emisiones de CO₂ ≤ 120 g/km (vehículo ecológico)
 - Emisiones de CO₂ ≤ 140 g/km e incorpore sistemas de control electrónico de estabilidad y detectores presenciales en plazas delanteras (vehículo innovador)
 - Emisiones de CO₂ ≤ 140 g/km e incorpore un catalizador de tres vías para vehículos de gasolina o dispositivos EGR de recirculación de gases de escape para vehículos diesel

Los documentos requeridos para ser partícipe de estos beneficios son:

1. Baja definitiva del vehículo expedida por la Dirección General de Tráfico, en el plazo máximo de 6 meses a contar desde la fecha de firma del contrato de financiación.
2. Certificado de destrucción del vehículo al final de su vida útil, expedido por un Centro Autorizado de Tratamiento de Vehículos, en el plazo máximo de 20 días naturales desde la fecha de firma del contrato de financiación, en caso de que en dicho plazo no se haya aportado ya la baja definitiva expedida por la Dirección General de Tráfico.

f) Compensación y beneficios

La financiación para la compra del nuevo vehículo abarca hasta el 100% del precio de venta con un máximo de 30.000 euros, la cual se compone de dos partes:

1. Parte 1: 10.000 euros con un interés del 0% aportado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
2. Parte 2: la suma restante aportada por entidades de crédito colaboradoras al programa, con una tasa de interés no superior al 2,5%

Italia

Durante las últimas 2 décadas, ha aplicado 3 programas de chatarrización en los años 1997-1998, 2002-2003 y 2007-2008, este último explicitado a continuación.

a) Requerimientos para iniciar el proceso de chatarrización

Autos particulares:

1. Compra de un vehículo nuevo con emisiones de hasta 140 g/km de CO₂
2. Chatarrización de un vehículo a su nombre con estándar de emisión Euro 0 o Euro I
3. Los autos que acceden a los beneficios deben ser comprados antes del 31 de diciembre de 2007 para que puedan ser registrados a más tardar el 31 de marzo de 2008

Vehículos comerciales livianos:

1. Compra de un vehículo nuevo con emisiones de hasta 3,5 toneladas de peso. No se exige límite de emisiones
2. Chatarrización de un vehículo a su nombre de con estándar de emisión Euro 0 o Euro I

b) Beneficios del programa

Autos particulares:

1. Incentivo de USD 1.308 (800 euros, 2007)
2. El vehículo nuevo estará eximido al pago anual de matrícula por 3 años si el motor de dicho vehículo no excede los 1.300 cc. o 2 años si los supera.

Vehículos comerciales livianos:

1. Incentivo de USD 3270 (2.000 euros, 2007)

Se incorpora al programa un beneficio extra para acentuar aún más el esfuerzo por la adquisición de tecnologías limpias de emisión:

- Incentivo adicional de USD 2.588 (1.500 euros, 2007) si el vehículo nuevo adquirido utiliza metano, Gas licuado del petróleo (LPG), electricidad o hidrógeno como combustible único, o bien, una mezcla de ellos en motores híbridos.

c) Datos relevantes del estudio: Scrapping old cars for reducing air pollution: an environmental evaluation of Italian 1997-1998 incentive policy

Se realizó un estudio para los primeros programas de retiro de vehículo aplicados en el país (1997-1998) para determinar los impactos que un plan semejante podría tener en la población italiana. Si bien los datos difieren según cada país debido a características del parque, tipo y volumen de los incentivos entre otros varios factores, sirve para identificar y palpar la magnitud de los efectos.

En el estudio realizado se calcularon como parte de los beneficios del programa la reducción de emisiones producto del retiro de vehículos nuevos explicitados en la Tabla 8-5. Notar que fue considerado en el balance el aporte de los vehículos nuevos entrantes pero no las emisiones de la chatarrización.

Tabla 8-5: Ahorro en emisiones según tipo de auto (ton)

Contaminante	CO	HC	NOx	CO ₂
VEHÍCULOS PETROLEROS				
Emisiones reducidas	295.694	34.035	23.612	3.245.970
Emisiones agregadas	23.861	1.426	3.308	2.515.094
Reducción neta	271.833	32.609	20.304	730.876
% de reducción	92%	96%	86%	23%
VEHÍCULOS DIESEL				
Emisiones reducidas	1.403	327	1.146	317.512
Emisiones agregadas	591	133	989	267.647
Reducción neta	813	193	157	49.865
% de reducción	58%	59%	14%	16%
SUMA				
Emisiones reducidas	297.097	34.362	24.758	3.563.482
Emisiones agregadas	24.452	1.559	4.297	2.782.741
Reducción neta	272.645	32.803	20.461	780.741
% de reducción	91,8%	95,5%	82,6%	21,9%

Fuente: (Garrone, 2004)

A su vez se detectaron otros efectos de no menor consideración:

1. Aumento de ventas de autos nuevos en un 39% en 1997, recuperando un mercado en abatimiento desde el 92'. Implicó un aumento considerable en puestos de trabajo.
2. Ganancias por impuestos (VAT y otros) menos Gastos en subsidios dieron balances positivos: €623 millones y €421 millones en 1997 y 1998 respectivamente.

Francia

a) Compensación y beneficios

- Incentivos de aproximadamente US\$ 900 (5000 FF, 1994) para vehículos de 10 años o más para chatarrización y la compra de un nuevo vehículo. Ésta compra es obligatoria con el fin de incentivar el mercado automotriz.
- 1995 se bajó de 10 a 8 años y el monto de incentivos se elevó a 7000 FF si se reemplaza por un vehículo de gran tamaño (clasificación francesa M2 y H), aunque fue quitada en 1996 por la perturbación que ocasionó en el mercado de vehículos nuevos.

Se han realizado variados estudios para estimar los efectos de programas semejantes. Uno de ellos, *“An analysis of the effects of French vehicle inspection program and grant for scrappage on household vehicle transaction”*, determinó la probabilidad de retiro de un vehículo de 10 años o más con dicho programa de chatarrización. Ésta aumenta 1,2 veces y el promedio de permanencia del mismo en el parque automotriz se reduce en 3.3 años.

Alemania

Alemania recién en los últimos meses ha impulsado un nuevo programa de retiro de vehículos, legalizado mediante la “Directivas para promover la venta de automóviles 2009” lanzado el 20 de Febrero de 2009. Este es el último que ha salido en Europa.

El decreto fue emitido por la Oficina Federal de Economía y Control de las Exportaciones de la República Federal de Alemania. Como indica su nombre, el objetivo principal no es la disminución de emisiones del parque vehicular sino incentivar el mercado automotriz, parte muy importante en la economía de dicho país.

El monto total del programa llega a los 1,5 billones de euros a repartir entre los postulantes, unos 600.000 según los incentivos que se repartirán.

- a) Requerimientos para iniciar el proceso de chatarrización
 1. El solicitante debe acreditar ser poseedor de un automóvil de a lo menos 9 años de antigüedad desde su fecha de inscripción
 2. El vehículo nuevo que se intercambiará por el antiguo deberá cumplir como mínimo los estándares de emisión Euro IV
 3. Los solicitantes del programa deberán ser personas privadas, excluyendo así sociedades, PYMES, etc.
 4. Los autos involucrados en el plan son exclusivamente vehículos livianos particulares

Para ingresar al programa son necesarios una serie de documentos de certificación.

1. Comprobante de la adquisición de un auto nuevo
2. Permiso de circulación y patente del nuevo vehículo adquirido
3. Certificado de posesión de un vehículo viejo con las características ya mencionadas
4. Certificado aprobado por parte de talleres autorizados de desmontaje. Estos deben ser talleres acreditados por el gobierno para emitir este tipo de documentos.

- b) Compensación y beneficios

El beneficio del programa alemán consta de un incentivo de USD3.220 (2.500 euros, 2009) para el solicitante que cumpla los requisitos explicitados. Esta suma, si bien está considerada como un ingreso según las leyes alemanas, no está sujeta a ningún tipo de impuesto.

8.1.4 Latinoamérica y el Caribe

En Latinoamérica y el Caribe varios son los países que han iniciado programas de Chatarrización con el objetivo de renovar la flota vehicular. Argentina inició tempranamente un plan de chatarrización en el año 1999, el cual sólo duró hasta el año 2000. Por otra parte, México es el segundo país en la región en implementar en el año 2003 su plan de Chatarrización. Finalmente, Ecuador y Colombia han iniciado recientemente sus planes de Chatarrización los cuales se implementaron durante el año 2008.

México

El 30 de Octubre del 2003 el Gobierno Federal, a través del decreto de Modernización (DOF), crea su primer programa de Chatarrización con el objetivo de facilitar la renovación y modernización de la flota de vehículos, mediante un estímulo fiscal consistente en una reducción en los pagos para la adquisición de un vehículo nuevo o semi nuevo.

El programa aplica a todos aquellos vehículos, de carga o de pasajeros, que han sido utilizados para el Servicio Público de México a lo menos 12 meses anteriores a la fecha de entrada en vigor del Decreto de Modernización (DOF) y que la unidad tenga 6 o más años de antigüedad.

El estímulo que otorga el programa consiste en una cantidad de dinero que corresponde al menor valor entre: el precio en que se reciban los vehículos usados para la compra del nuevo o semi nuevo, el 15% del precio del vehículo nuevo o semi nuevo o las cantidades definidas en el decreto que se presentan a continuación.

Tabla 8-6: Incentivo monetario por tipo de vehículo considerado en el Programa de Chatarrización de México, definido en el Decreto de Modernización (DOF)

Tipo Vehículo	Monto (USD 2009)*
Tractocamiones tipo quinta rueda	9.139
Camiones unitarios de 3 ejes con peso bruto vehicular ²⁰ mínimo de 14.500 Kg	5.875
Camiones unitarios de 2 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 11.794 Kg	3.917
Autobuses integrales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	7.834
Autobuses convencionales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	4.570
Plataforma o Chasis para autobuses integrales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	4.700
Plataforma o Chasis para autobuses convencionales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	2.742

* Precios no consideran el impuesto al valor agregado

* 1USD = 15.3 MXN.

Tipo de cambio para el 3 de Marzo 2009 obtenido en <http://es.finance.yahoo.com/convertor-divisas>

Fuente: Elaboración propia a partir www.chatarrizacion.com.mx (2009)

a) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

1. Haber prestado el servicio de transporte público de Carga o Pasaje, a lo menos 12 meses inmediatos anteriores a la fecha de entrada en vigor del Decreto de Modernización (30 octubre de 2003) y que la unidad tenga 6 o más años de antigüedad.
2. Copia de la tarjeta de Circulación
3. Copia de pasaporte o credencial de elector.
4. Documento en que conste el peso bruto vehicular.
5. Factura endosada en propiedad o un comprobante expedido por el adquirente ya sea factura, carta de porte o cualquier otro análogo o, en el caso de vehículos de procedencia extranjera, el pedimento de importación del vehículo de que se trate.
6. Certificado de registro definitivo o certificado de registro federal de vehículos, según sea el caso.
7. Constancia de regularización.
8. Factura del Fideicomiso Liquidador de Instituciones y Organizaciones Auxiliares de Crédito (FIDELIQ).
9. En el caso de vehículos a los que se les han sido incorporadas autopartes importadas, la factura y el pedimento de importación de las partes incorporadas.

²⁰ Se entiende por peso bruto vehicular al peso del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, conforme a las especificaciones del fabricante, y al de su tanque de combustible lleno.

b) Procedimiento programa

1. El Transportista debe acercarse a una armadora – distribuidora.
2. La Armadora – Distribuidora:
 - a. Debe ofertar el vehículo, precio y condiciones crediticias y confirma la factibilidad de apoyo del Programa de Chatarrización, asegurándose que el vehículo a chatarrizar haya prestado el Servicio Público de Autotransporte de carga y pasaje, por lo menos, durante los últimos doce meses.
 - b. Debe acceder a la página de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT, www.sct.gob.mx) para conocer la posibilidad de apoyo. En el caso que cumpla con los requisitos, inicia el procedimiento de baja e imprime la “Constancia” que asegura que el vehículo cumple con los requisitos del Programa de Chatarrización.
 - c. Luego debe revisar el monto del estímulo fiscal a otorgar de acuerdo a lo estipulado por el decreto.
 - d. Cuando los contribuyentes reciban dos o más de los vehículos usados deberá solicitar:
 - Copia de la Tarjeta de Circulación
 - Comprobante pago de Tenencia del presente y del año anterior
 - Copia del pasaporte ó credencial de elector
 - Documento en donde conste el PBV
 - Adicionalmente podrá solicitarle:
 - Factura original endosada o factura expedida por el cliente y/o pedimento de importación
 - Certificados de registro con que cuente
 - Constancias de regularización
 - Factura de FIDELIQ
 - La factura o el pedimento de partes importadas
 - Cualquier otro documento oficial del vehículo a chatarrizar
3. El transportista deberá concertar una cita con la Armadora – Distribuidora para llevar a cabo la destrucción de los vehículos que lleguen por su propio impulso, es decir, que se movilen sin necesidad de grúas u otros medios similares.
4. El transportista deberá presentar las placas (2) y tarjeta de circulación, así como el documento expedido dentro de los 5 días inmediatos anteriores en donde conste el peso bruto del vehículo.
5. La Armadora – Distribuidora y Transportistas deberán acudir, juntos a la chatarrizadora autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para que el vehículo sea destruido.
 - a. La chatarrizadora deberá cumplir con todos los requisitos que le marque la autoridad.

- b. La chatarrizadora deberá entregar un “Certificado de Destrucción” más los requisitos adicionales de la SHCP: Fotos con los datos y fotografías de la unidad.
6. Deberán acudir a la SCT a finalizar la baja del vehículo y para dar de Alta el nuevo y obtener sus placas. Para la baja es necesario contar con la “Constancia” de inicio del “Procedimiento de baja” que se obtiene a través de la página de internet de la SCT y el “Certificado de destrucción” emitido por la CHATARRIZADORA.
7. La Armadora – Distribuidora deberá aplicar el estímulo fiscal acreditando impuestos federales y cumplir con todas las disposiciones de la SHCP.

Ecuador

El primer programa de Chatarrización de Ecuador fue implementado en Octubre del año 2007 bajo el marco de un convenio suscrito entre el gobierno, el sector industrial y el sector transporte que definió la creación de un programa de renovación del parque automotor. Es así como el Decreto 1145, publicado el 18 de octubre del 2007, establece la entrega de un incentivo que permita promover la Chatarrización de vehículos usados y su posterior sustitución por vehículos nuevos fabricados en el País o importados. Pueden participar de este programa todos aquellos vehículos livianos, medianos o pesados del servicio de transporte público que tengan una antigüedad mínima de diez años.

Desde que comenzó el programa, en Ecuador se han chatarrizado 410 vehículos como se puede observar en la Tabla 8-7.

Tabla 8-7: Número de vehículos chatarrizados en Ecuador durante el año 2008.

Tipo Vehículo	Modalidad	Antigüedad Vehículo (Años)					Total
		30 y superior	25 – 29	20 – 24	15 – 19	10 – 14	
Automóvil	Taxi	68	90	67	77	97	399
Camioneta	Carga Liviana	3	1	0	0	0	4
Furgoneta	Escolar	0	0	1	0	1	2
Microbus	Microbus Urbano	0	1	0	0	0	1
Volqueta	Carga Pesada	2	0	0	0	0	2
Bus	Bus Urbano	0	0	0	0	2	2
Total		73	92	68	77	100	410

Fuente: Diario Hoy, 14 de Febrero 2009 a partir de la información entregada por Ministerio Industrias y Competitividad de Ecuador (MIC).

El plan otorga un incentivo financiero no reembolsable que depende del tipo y años de antigüedad del vehículo a chatarrizar. En la Tabla 8-8 se presenta los valores del incentivo financiero establecidos por el decreto 1145.

Tabla 8-8: Incentivo monetario por tipo de vehículo considerado en el Programa de Chatarrización de Ecuador, definido en el Decreto 1145 en USD.

Años de Antigüedad	Tipo Vehículo		
	LIVIANO	MEDIANO	PESADO
Más de 30	3.527	8.141	12.755
De 25 a 29	3.206	7.401	11.596
De 20 a 25	2.915	6.728	10.542
De 15 a 19	2.650	6.117	9.583
De 10 a 15	2.409	5.561	8.712

Fuente: (Presidencia Constitucional de la República del Ecuador, 2008)

Los vehículos livianos corresponden a automóviles, camionetas y jeeps, los medianos a furgonetas y micro buses y los vehículos pesados se definen como camiones, trailers, volquetas, buses y tanqueros.

Por otra parte, el programa de renovación del parque automotor considera, además del incentivo establecido en la Tabla 8-8, el otorgamiento de un crédito especial por parte de la Corporación Financiera Nacional, que permita financiar la adquisición de vehículos en el marco del programa, con una tasa de interés de hasta 8,5% anual²¹.

a) Requerimientos para participar en el proceso de chatarrización

Para acceder al programa los propietarios de vehículos destinados al servicio de transporte público deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. El año de fabricación del vehículo deberá ser mínimo diez años anteriores a la fecha de la solicitud.
2. Los vehículos deberán contar con la matrícula vigente y de los cuatro años anteriores a la fecha de la solicitud.
3. El vehículo deberá estar en condiciones de movilizarse sin necesidad de grúas u otros medios similares.

b) Procedimiento programa

Para acogerse al plan el transportista debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Acudir a la Comisión Nacional de Tránsito (CFN) y solicitar el informe técnico de su vehículo. La CFN es el organismo encargado de administrar los incentivos financieros establecidos en el decreto.
2. Si el informe técnico es favorable, el transportista debe acudir a un centro de acopio de chatarra autorizado con la matrícula y permiso de circulación del vehículo, donde recibirá

²¹ Valor Tasa de interés de acuerdo a la información aparecida en el diario “Diario Hoy” de Ecuador el día 14 de Febrero de 2009.

su certificado de Chatarrización que certifica que la empresa chatarrizadora recibió el vehículo.

Este certificado deberá estar suscrito por el representante legal de la empresa chatarrizadora y por un delegado del Consejo Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (CNTTT).

3. Las empresas de chatarrización envían a la CFN un archivo con la información de los vehículos que han sido recepcionados.
4. La CFN cancela el monto que corresponda a cada vehículo a chatarrizarse, de acuerdo a la información entregada por las empresas chatarrizadoras y a los valores establecidos por el decreto 1145. (Tabla 8-8)
5. El certificado de Chatarrización únicamente dará derecho al propietario del vehículo a obtener una línea de crédito a través de la CFN. Este certificado sólo podrá ser utilizado para la adquisición de un vehículo nuevo que reemplace la unidad chatarrizada.
6. Con el informe técnico y el certificado de chatarrización, el propietario debe acercarse a la CFN para tramitar el crédito especial.

Cabe destacar que mientras el programa esté vigente, el gobierno de Ecuador ha prohibido la exportación de chatarra de hierro o acero clasificada en la subpartida 72043000²².

Con respecto a las empresas chatarrizadoras, el plan establece que el Ministerio de Industrias y Competitividad en coordinación con el Servicio de Rentas Internas y el Ministerio de Finanzas deben monitorear periódicamente la capacidad de procesamiento de la chatarra de las empresas y los precios de la chatarra que estas empresas pagan. Este último punto tiene como objetivo garantizar que exista una relación adecuada entre estos precios y el precio de mercado referencial.

De comprobarse la existencia de sobreoferta de chatarra en relación a la capacidad de procesamiento de las empresas chatarrizadoras, o que el precio de mercado referencial, obtenido calculando el promedio móvil de los últimos tres meses, no mantiene una relación adecuada con el precio pagado por las empresas chatarrizadoras, el decreto establece que el MIC otorgará cupos de exportación de chatarra de hierro o acero, clasificada en la subpartida 72043000.

Argentina

Argentina implementó tempranamente un programa de Chatarrización el cual se ejecutó entre Mayo de 1999 y Junio de 2000. El objetivo principal del plan fue, al parecer, promover la producción de automóviles del País: la industria automotriz estimó que el 90% de la producción nacional durante el tiempo que duró el programa, fue dirigido a los participantes. Otras de las razones por las cuales Argentina decidió renovar su parque vehicular, fue aumentar la seguridad, tanto de conductores como de peatones (Dill, 2001). El programa implementado exigía a los propietarios la compra de un vehículo nuevo que sustituyera a la unidad chatarrizada y el incentivo monetario contemplado dentro del plan, correspondía a un subsidio entregado por el

²² Subpartida 72043000 corresponde a desperdicios y desechos, de hierro o acero estañados

gobierno que fue complementado por el apoyo de los fabricantes o distribuidores de automóviles, con un valor igual a 500 USD.

El número de de vehículos chatarrizados fue de 103.532 unidades en los primeros cuatro meses de implementación del programa.

8.2 Detalle del programa para reporte computacional

Este capítulo entrega un resumen tabulado de la información que necesita el Reporte Computacional, que permita articular la implementación del programa de chatarrización vía web.

Para la aprobación de las etapas del programa se deben ingresar al sistema, vía web, documentos que permitan no sólo la obtención de datos para el cálculo de reducción de emisiones, sino también la verificación del cumplimiento de los requisitos que impone el programa. Los requisitos a cumplir por los proyectos y los documentos que deben presentarse para esto se muestran en la Tabla 8-9.

Tabla 8-9 : Requisitos exigidos a un vehículo a chatarrizar para aprobar cada etapa

Etapas programa	Requisitos a cumplir para aprobación etapa	Documentos Requeridos
Inscripción al Programa	Documentos vehículo al día	Revisión técnica
Inscripción al Programa	Documentos vehículo al día	Permiso de circulación
Inscripción al Programa	Modelo 1999 o anterior	Revisión técnica
Inscripción al Programa	Modelo 1999 o anterior	Permiso de circulación
Inscripción al Programa	Revisiones técnicas (2 C y 3 VL)	Revisión técnica
Inscripción al Programa	Permiso circulación (2 años)	Permiso de circulación
Revisión física	Funcionamiento y estado normal del vehículo	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Revisión física	Encendido normal del vehículo	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Revisión física	Desplazamiento con energía propia	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Revisión física	Poseer componentes mínimos	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Revisión física	Sistema de control de emisiones sin signos de manipulación	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Ingreso al Programa	Entrega del vehículo en centros autorizados para su posterior chatarrización	Certificado de recepción conforme de centro de revisión
Ingreso al Programa	Chatarrización del motor del vehículo	Certificado de chatarrización del motor
Ingreso al Programa	Chatarrización de la carrocería del vehículo	Certificado de chatarrización de carrocería

Fuente: Elaboración Propia

Los datos que se requieren para cada proyecto se resumen en la Tabla 8-10, y son ingresados en la etapa de inscripción de un proyecto. Estos son de carácter general (únicos por proyecto) o de carácter individual (para cada vehículo del proyecto) y pueden provenir de los documentos entregados por el proponente o ser ingresados directamente por éste en la página web a través de una planilla de inscripción.

Tabla 8-10: Datos requeridos y documentos a ingresar por el proponente en la etapa de inscripción

Información Requerida	Fuente	Tipo
Nombre empresa patrocinante	Planilla de inscripción	General
Dirección empresa patrocinante	Planilla de inscripción	General
Razón Social empresa patrocinante	Planilla de inscripción	General
Teléfonos empresa patrocinante	Planilla de inscripción	General
Nombre responsable legal	Planilla de inscripción	General
Dirección responsable legal	Planilla de inscripción	General
Teléfonos responsable legal	Planilla de inscripción	General
E-mail responsable legal	Planilla de inscripción	General
Nº de camiones a chatarrizar	Planilla de inscripción	General
Nº de vehículos livianos a chatarrizar	Planilla de inscripción	General
Tecnología de control de emisiones	Revisión técnica	Individual
Cilindrada	Revisión técnica	Individual
Peso (Camiones)	Revisión técnica	Individual
RUT propietario	Permiso de circulación	Individual
Nº VIN	Permiso de circulación	Individual
Nº Motor	Permiso de circulación	Individual
Año fabricación vehículo	Permiso de circulación	Individual
Año inscripción en el registro de vehículos	Permiso de circulación	Individual
Nº Patente	Permiso de circulación	Individual
Categoría del vehículo ²³ (VL)	Permiso de circulación	Individual

Fuente: Elaboración Propia

²³ Particular o Comercial

La Figura 8-1 presenta un ejemplo de cómo se espera que sea la planilla de inscripción que contiene los datos generales de un proyecto del Reporte Computacional.

Figura 8-1: Ejemplo Planilla de inscripción al programa de chatarrización

Empresa Patrocinante
Nombre: Dirección: Teléfonos: Razón Social:
Responsable legal
Nombre: Teléfono: Contacto: Correo electrónico:
Número de vehículos a ingresar al programa
Camiones: Vehículos Livianos:

Fuente: Elaboración propia

El cumplimiento de los requisitos expuestos en la Tabla 8-9 definen el estado de cada etapa a cumplir por un vehículo, los que se describen en la Tabla 8-11. En cuanto al estado del proyecto general éste queda definido por los estados de cada uno de los vehículos a chatarrizar.

Tabla 8-11: Estados y descripción de cada etapa del Programa por vehículo.

Etapas programa	Estados	Descripción
Inscripción al Programa	Verificación Requisitos	Durante este periodo se revisa que se cumplan los requisitos requeridos en esta etapa
Inscripción al Programa	Información Incompleta	Falta información por completar para verificar el cumplimiento de los requisitos en esta etapa
Inscripción al Programa	Rechazado	Si no se cumple uno de los requisitos que requiere esta etapa se rechaza la inscripción del proyecto en el programa
Inscripción al Programa	Aprobado	Se aprueba la inscripción del proyecto en el programa si cumple con todos los requisitos que requiere esta etapa
Revisión física	En espera	A la espera de que se cumplan requisitos definidos para esta etapa
Revisión física	Rechazado	Si no cumplen requisitos definidos para esta etapa se rechaza el ingreso del proyecto al programa
Revisión física	Aprobado	Si se cumplen requisitos definidos para esta etapa se ingresa al programa
Ingreso al Programa	En espera	A la espera de entrega de certificados de chatarrización de la carrocería y del motor y de recepción del vehículo en el centro autorizado
Ingreso al Programa	Rechazado	Si no se cumplen los requisitos definidos para esta etapa se rechaza el ingreso del proyecto al programa
Ingreso al Programa	Aprobado	El proyecto ha aprobado todas las etapas anteriores y cumple con todos los requisitos del programa. Se recibieron los certificados de chatarrización de la carrocería y del motor y de recepción del vehículo en el centro autorizado

Fuente: Elaboración Propia

8.3 Lista de componentes requeridos para revisión física

Para la aprobación de la revisión física y el posterior ingreso al programa, se debe verificar que el vehículo cuente con componentes mínimos. De esta forma se busca que exista un porcentaje significativo de componentes a reciclar. Los componentes mínimos con los que el vehículo debe contar al momento de la revisión se enlistan a continuación²⁴.

- Todas las puertas deberán estar en su lugar.
- El capó deberá estar en su lugar.
- El tablero deberá estar en su lugar.
- Parabrisas deberá estar en su lugar.
- El asiento del piloto deberá estar en su lugar.
- Pedales interiores deberán estar funcionando.
- Un parachoques y todos los paneles deberán estar en su lugar.
- Conducción no podrá estar afectada por ningún daño en el cuerpo, la dirección o suspensión.
- Sistema de escape deberá estar en su lugar.
- El vehículo deberá tener en lugar por lo menos una luz delantera, una luz trasera y una luz de freno.
- Una ventana de lateral deberá estar en su lugar.
- El sistema de control de emisión no deberá mostrar signos obvios de manipulación, como por ejemplo falta de convertidor catalítico.

8.4 Lista de componentes no reciclables ni reutilizables

El reciclaje y reutilización de componentes de vehículos a chatarrizar está limitado a partes no relacionadas a emisiones y a la dirección del automóvil. La siguiente lista presenta los componentes que sí se consideran relacionados a emisión y dirección del vehículo²⁵.

1. Sistema de carburación y de inyección de aire
 - A. Sistema de inyección de aire
 - B. Carburadores calibrados de emisión
 - C. Inyección de combustible mecánica
 - D. Inyección de combustible continua
 - E. Inyección de combustible eléctrica
 - F. Control de fracción aire/combustible
 - G. Colector de admisión
2. Arranque del vehículo
 - A. Distribuidor
 - B. Sistema de avance/retardo del encendido

²⁴ Fuente: California Environmental Protection Agency. (2007). "Voluntary Accelerated Vehicle Retirement Program. "Final Regulation Order"."

²⁵ Fuente: Ibid.

- C. Bujías
- D. Bobina de encendido
- E. Cables de encendido
- 3. Componentes mecánicos
 - A. Válvulas del tren
 - B. Cámara de combustión
- 4. Sistema de control de evaporación
 - A. Filtro y bote de almacenamiento de vapor
 - B. Separador líquido/vapor
 - C. Depósito de combustible
 - D. Paquete de válvulas de purga
- 5. Sistema de ventilación positiva del cárter
- 6. Sistema de recirculación de gases de escape
- 7. Catalizador y sistema de escape
- 8. Controles del computador
- 9. Partes del tren de dirección
 - A. Motor
 - B. Mecanismo de transmisión
 - C. Diferencial
 - D. Ejes
 - E. Frenos
- 10. Ítems diversos
 - A. Mangueras y abrazaderas
 - B. Poleas y correas

8.5 Reciclaje de componentes del vehículo

Este anexo se refiere al reciclaje de los componentes del vehículo.

8.5.1 Acero

De las 784 millones de toneladas anuales de acero producidas en el mundo, un 43% es reciclado proveniente de la chatarra. En Chile, el año 2005, sólo el 37% de la producción nacional de acero provino de la chatarra²⁶.

Descripción proceso de reciclaje

En los sitios de almacenaje, las carrocerías son levantadas con grúas y cargadas en la prensa de chatarra, un poderoso equipo mecánico que aplasta y luego, en unos 45 segundos, fracciona en pequeños trozos lo que fue una carrocería de un automóvil. Se generan tres flujos: hierro y acero, metales no ferrosos y otros (gomas, vidrios, plásticos, etc.). El hierro y el acero son magnéticamente separados del resto de los materiales. Esta chatarra de acero procesada es

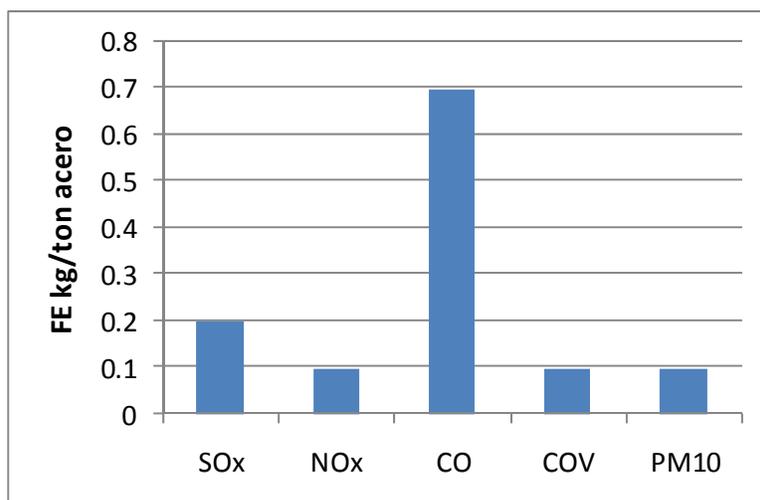
²⁶ Gerdau Aza.

cargada en las enormes "cestas" que alimentan el horno eléctrico de la acería, donde se producirá nuevo acero²⁷.

Factor de emisión de reciclaje de acero

Según (IPCC, 2006) el factor de emisión para la producción secundaria de acero (proceso de reciclaje) en el horno eléctrico es de 0,08 ton CO₂/ton acero producido. Los factores de emisión de otros contaminantes, para la producción de acero en horno eléctrico, se presentan en la Figura 8-3.

Figura 8-2: Factores de emisión de producción de acero en horno eléctrico



Fuente: www.naei.org.uk

8.5.2 Baterías

Cada año se fabrican en el mundo entre 300 y 350 millones de baterías de plomo. En peso, este volumen de producción se traduce en que se fabrican más de 5 millones de toneladas; alrededor del 90% en peso del total de baterías, pilas y acumuladores fabricados anualmente en el mundo (Steil, 1997). Según el portal web www.yoreciclo.cl, en Chile un 90% de las baterías son recicladas anualmente. La composición de una batería fuera de uso es la que se presenta en la Tabla 8-12.

²⁷ www.recycle-steel.org

Tabla 8-12: Composición aproximada de una batería de plomo fuera de uso.

Componente	%	Peso (kg)
Pasta de plomo (Pb esponjoso, PbSO ₄ , PbO ₂ y PbO)	39	5,9
Plomo metálico y aleaciones de plomo	34	5,1
Ácido sulfúrico diluido (10 – 15%)	11	1,7
Propileno (PP)	7,0	1,1
Ebonita	5,0	0,8
PVC	2,0	0,3
PE	1,0	0,15
Acero	0,6	0,09
Vidrio	0,4	0,06
TOTAL	100	15

Fuente: Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso, Bañeres, 2003

Proceso reciclado del plomo de baterías

El proceso del reciclaje de las baterías se puede resumir en cuatro operaciones²⁸:

- Drenado y triturado de baterías

En esta operación se separa el electrolito y se neutraliza con cal, luego se seca con una centrífuga convirtiendo el electrolito en yeso y agua. El resto de la batería se tritura, es decir, se pica en pequeños pedazos para posteriormente separarlos por peso con el agua. El plástico es separado como desecho y la pasta de plomo pasa a la siguiente operación.

De los aproximadamente 15 kg que pesa una batería usada, unos 12 kg, la masa compuesta por el PP, la pasta de plomo, el plomo metálico y sus aleaciones, son siempre tratados en procesos de reciclaje. La masa restante, formada por el ácido del electrolito, el PVC y la ebonita, unos 3 kg por batería usada, es finalmente depositada en vertederos en la mayoría de los casos. El PVC y la ebonita, por las condiciones en las que se extraen, son difíciles de recuperar, por lo que la única manera de aprovecharlos sería extraer energía mediante su combustión. Aunque se realiza en algunas plantas, esta elección emite gases contaminantes (SO₂ y gases clorados especialmente). En cambio, la reutilización o valorización del electrolito, reduciría a menos de la mitad la generación de residuos no reciclados y podría aportar algún beneficio económico.

- Fundición de plomo

²⁸ Fuente: TECNOREC S.A.

En esta etapa se toma la pasta de plomo que viene de la operación 1 y se funde en un horno a 12.000 grados Celsius adicionando algunos insumos para quitar impurezas. De esta operación sale el plomo fundido.

- Refinado

Esta operación toma el plomo fundido, lo mete en un horno a 450 grados, se adicionan algunos componentes y se obtiene el plomo refinado.

- Aleación

Es la última operación. Se toma el plomo refinado y en un horno se obtiene la aleación solicitada por el cliente final.

Esta descripción del proceso de reciclaje de baterías corresponde a un proceso pirometalúrgico. Existen en la actualidad procesos hidrometalúrgicos (Placid y Cleanled) que emiten menor contaminación a la atmósfera y al terreno pero que tienen costos de inversión menores. En Chile se reciclan baterías sólo mediante procesos pirometalúrgicos.

Emisiones generadas por reciclaje de baterías

Según (IPCC, 2006), el factor de emisión para la producción secundaria de plomo (proceso de fundición y refinado en horno) es de 0,2 ton CO₂/ton producida.

Durante los procesos descritos anteriormente, se emiten cantidades importantes de plomo en el aire y en el suelo y SO₂, existiendo normas de emisión para cada agente. En la Tabla 8-13 se presentan factores de emisión para distintos contaminantes para el proceso secundario de producción de plomo (NAEI, 2007).

Tabla 8-13: Factores de emisión de proceso secundario de producción de plomo

Contaminante	Factor de emisión (kg/ ton plomo)
CO	1,9
PM10	0,1
SO	4,5
Pb	0,0

Fuente: www.naei.org.uk

8.5.3 Aceites

Los aceites usados están considerados, en casi todas las legislaciones, como residuos tóxicos y peligrosos. Por tanto deben someterse a un tratamiento específico.

Los aceites residuales proceden de: fluidos de transmisión, frenos, lubricantes, etc. En EEUU se recupera el 56% del aceite; de esta cifra un 73% se destina a valorización energética, el 10% se

refina y el resto presenta otras valorizaciones. A escala mundial, el 30-40% del aceite se regenera y el resto se convierte en materias primas para la industria química y se quema en plantas de producción térmica (Castells, 2000).

En la Tabla 8-14 se presenta la composición promedio de los fluidos de un automóvil (Car Heaven, 2009).

Tabla 8-14: Composición promedio de fluidos de un automóvil

Tipo de fluido	Volumen (litros)
Aceite de motor	2,6
Refrigerante	2,8
Combustible	10,4
Otros aceites	10,4

Fuente: Car Heaven, 2009

La composición de contaminantes en aceites según tipo de motor se presentan en la Tabla 8-15 (Pantoja, 1995).

Tabla 8-15: Contaminantes presentes en aceites según tipo de motor

Contaminantes (ppm)	Motor Gasolina	Motor Diesel
Cadmio	1,7	1,1
Cromo	9,7	2,0
Plomo	2,2	29
Zinc	951	332
Cloro total	3.600	3.600
PCB's	20,7	20,7

Fuente: Pantoja, 1995

Procesos de reciclaje y valorización de aceites

Existen diferentes tipos de procesos de reciclaje para aceites en desuso, entre los que se cuentan:

- Filtración
- Deshidratación
- Desmineralización
- Craqueo térmico / Pirólisis
- Destilación

En Chile, Futuroil usa procesos de pirólisis para el reciclaje de aceites. Los aceites residuales también se usan como combustibles en motores alternativos con generación de electricidad y en la combustión en centros de generación de calor. El problema de este uso es que los gases que se emiten debido a la combustión deben ser tratados debido a que contienen metales (Castells,

2000). No existe información de emisiones de gases GEI generadas por el proceso de reciclaje de aceites.

8.5.4 Neumáticos

Composición y procesos de tratamiento de neumáticos en desuso

Un neumático común tiene la siguiente composición (Castells, 2000):

Tabla 8-16: Composición de un neumático

Material	Automóvil	Camión
Hidrocarburo	48,0	45,0
Negro de humo	22,0	22,0
Acero	15,0	25,0
Textil	5,0	-
Óxido de zinc	1,2	2,1
Azufre	1,0	1,0
Varios	8,0	6,0

Fuente: Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción
Castells, 2000

Los procesos mediante los cuales se lleva a cabo el reciclaje de neumáticos en la Unión Europea son los siguientes (Seoáñez, 2000):

- Combustibles de sustitución para producción de energía.
- Pirólisis.
- Reciclado sin transformación:
 - Taludes.
 - Desección en zonas pantanosas.
- Elaboración de materias que entran en la composición de múltiples productos.
- Tratamiento criogénico (congelación, trituración, separación).

Estos procesos se separan en cuatro niveles según nivel de complejidad (Shulman, 2004):

- Nivel 1: Destrucción del neumático.
- Nivel 2: Separación de los elementos del neumático.
- Nivel 3: Tratamientos y tecnologías multifase.
- Nivel 4: Tratamientos de mejoramiento de material.

En Estados Unidos, el 45% de los 130 millones de neumáticos que se desechan se usan como fuente de energía. De este porcentaje, un 41% se usa para la industria cementera (Mandatory Reporting of Greenhouse Gases, EPA, 2009).

En Chile, actualmente no existe regulación ni legislación sobre el reciclaje de neumáticos. La CONAMA ha reconocido este problema, pero también ha autorizado la quema de neumáticos

como fuente de combustible en la industria cementera, lo que desincentiva el reciclaje. Existen cerca de 15 mil toneladas de neumáticos en desuso, proyectándose para el año 2010 un aumento de ese valor a 18 mil (Reciclaje de neumáticos: Un pasivo ambiental en tierra de nadie, Ediciones Especiales El Mercurio Online). Además del uso como combustible en plantas cementeras, se utilizan los neumáticos en desuso (después de distintos tratamientos) como materiales de construcción de carreteras, recintos deportivos y otros.

Emisiones generadas por uso de neumáticos en industria cementera

El factor de emisión de la quema de neumáticos como combustible en la industria cementera es de 2,27 ton de CO₂ por tonelada de neumáticos (Managing End-of-Life Tires, WBCSD 2008). Un neumático de un auto promedio pesa entre 8,5 y 10kg²⁹. Suponiendo que el total se usará en la industria cementera, las emisiones generadas por un auto son las siguientes:

$$4 \frac{\text{neumáticos}}{\text{auto}} \times 9 \frac{\text{kg}}{\text{neumático}} \times \frac{2,27 \text{ ton } CO_2}{\text{ton neumáticos}} = 81,72 \frac{\text{kg } CO_2}{\text{auto a chatarrizar}}$$

Las emisiones de otros gases contaminantes se presentan en la Tabla 8-17 (Air emissions from scrap tire combustion, EPA, 1997).

Tabla 8-17: Emisiones por uso de neumáticos como fuente de energía en industria cementera

Contaminante	Factor de emisión (gr gas/ton neumático)
CO	1,1
SO _x	0,2
PM	0,3

Fuente: Air emissions from scrap tire combustion, EPA 1997

El factor de emisión para la disposición de neumáticos es de 0,01 ton CO₂/ton neumáticos (Life-Cycle Greenhouse Gas Emission Factors for Scrap Tires, ICF, 2006).

8.5.5 Plásticos

Los componentes plásticos de un auto son generalmente los siguientes (Seoáñez, 2000):

- Parachoques.
- Cuadros de a bordo.
- Asientos.
- Paneles de las puertas.
- Portamaletas.
- Carrocerías.
- Volantes.
- Depósitos de diversos fluidos.

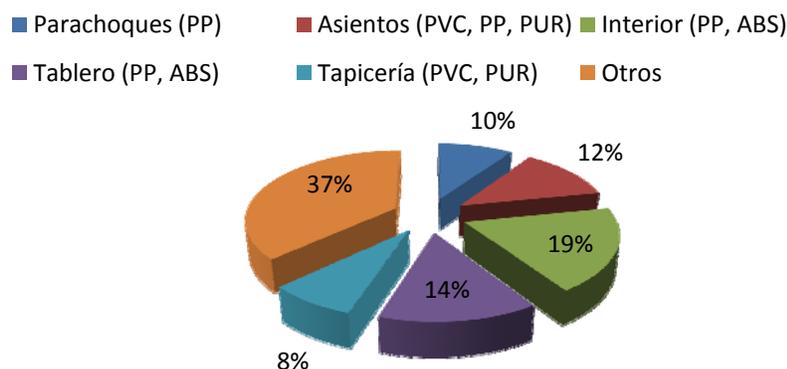
²⁹ www.wikipedia.com

- Tubos.
- Correas.
- Colectores.

El porcentaje de los diferentes tipos de plásticos que se encuentran en un auto promedio se presentan en la Figura 8-3 (N. Kanari, 2003).

Figura 8-3: Composición de plásticos en un auto promedio

Plásticos de un auto promedio



Fuente: End-of-Life Vehicle Recycling in the European Union, Kanari

La producción de plástico forma parte del 4% de la producción mundial de petróleo, mientras que un 7,5% de la producción mundial de plástico es usado en la fabricación de vehículos. En Europa, pese a las iniciativas de reciclaje de los fabricantes, sólo un 8% de los plásticos provenientes de autos en desuso son reciclados (Department of the Environment, Australia, 2002). Esto se debe a la dificultad de separación de diferentes plásticos que están presentes en el vehículo.

Un vehículo tiene entre 1.200-1.800 piezas de plástico, de las que 10 o 20 son fáciles de desmontar, como el parachoques, los paneles de puertas, filtros de aire, etc. El resto necesita un tiempo de trabajo para su recuperación. Las líneas de recuperación afectan, en principio, a los siguientes materiales (Seoáñez, 2000) :

- Polipropileno (PP)
- PVC
- PMMA (poli metil metacrilato)
- PA (poliamidas)

En Chile existen empresas recicladoras de los tipos de plásticos mencionados, que utilizan el triturado del material recolectado para ser vendidos en pellets. No existe información de emisiones de gases GEI generadas por el proceso de reciclaje de plásticos.

8.5.6 Vidrio del automóvil

Entre las condiciones que la CONAMA exige para el reciclaje de distintos materiales, se especifica que los vidrios de ventanas y parabrisas del automóvil no se incluyen en el reciclaje del vidrio. Este hecho se debe a que el parabrisas contiene una lámina de plástico entre sus capas y a que el vidrio de las ventanas, al tener una composición química diferente al vidrio de envase, afecta la temperatura del horno. Así, al no haber opción de reciclaje, los parabrisas y vidrios del automóvil tienen dos opciones: ser reparados para ser revendidos o ser depositados en vertederos.

8.6 Factores de emisión

Este capítulo presenta el detalle del cálculo de factores de emisión para vehículos livianos y camiones.

8.6.1 Fórmulas Copert 4

A continuación se describen las fórmulas descritas en Copert 4.

Vehículos livianos particulares

La Ecuación 8-1 se utiliza para calcular los factores de emisión (en gr/km) de vehículos livianos particulares que utilizan gasolina. Para esto, se requiere conocer las constantes llamadas a, b, c y d que se tabulan en la Tabla 8-18, y que dependen del tipo de vehículo, contaminante, categoría y tecnología, además de la velocidad de funcionamiento V, que debe estar entre los 10 y los 130 km/hr.

$$FE = \frac{(a + c \cdot V + e \cdot V^2)}{(1 + b \cdot V + d \cdot V^2)} \quad \text{Ecuación 8-1}$$

La siguiente tabla muestra los parámetros para el cálculo de los FE para vehículos livianos particulares a gasolina.

Tabla 8-18: Constantes para la Ecuación 8-1. Vehículos Livianos particulares gasolina.

Norma	Pollutant	Engine capacity	A	b	C	d	e
Euro 1	CO	All capacities	1,12E+01	1,29E-01	-1,02E-01	-9,47E-04	6,77E-04
Euro 2	CO	All capacities	6,05E+01	3,50E+00	1,52E-01	-2,52E-02	-1,68E-04
Euro 3	CO	All capacities	7,17E+01	3,54E+01	1,14E+01	-2,48E-01	0
Euro 4	CO	All capacities	1,36E-01	-1,41E-02	-8,91E-04	4,99E-05	0
Euro 1	HC	All capacities	1,35E+00	1,78E-01	-6,77E-03	-1,27E-03	0
Euro 2	HC	All capacities	4,11E+06	1,66E+06	-1,45E+04	-1,03E+04	0
Euro 3	HC	All capacities	5,57E-02	3,65E-02	-1,10E-03	-1,88E-04	1,25E-05
Euro 4	HC	All capacities	1,18E-02	0	-3,47E-05	0	8,84E-07
Euro 1	NO _x	All capacities	5,25E-01	0	-1,00E-02	0	9,36E-05
Euro 2	NO _x	All capacities	2,84E-01	-2,34E-02	-8,69E-03	4,43E-04	1,14E-04
Euro 3	NO _x	All capacities	9,29E-02	-1,22E-02	-1,49E-03	3,97E-05	6,53E-06
Euro 4	NO _x	All capacities	1,06E-01	0	-1,58E-03	0	7,10E-06

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Para la norma Euro 4, contaminante CO, el FE (en gr/km) es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FE = 0,0175 + 86,42 \cdot \left(1 + \exp\left(-\frac{V + 117,67}{-21,99}\right)\right)^{-1} \quad \text{Ecuación 8-2}$$

La Ecuación 8-3 corresponde a los FE (en gr/km) de los vehículos livianos particulares que utilizan diesel como combustible. Esta ecuación, además de las constantes que integran la Ecuación 8-1, agrega una constante f, explicitada en la Tabla 8-19.

$$FE = \frac{(a + c \cdot V + e \cdot V^2)}{(1 + b \cdot V + d \cdot V^2)} + \frac{f}{V} \quad \text{Ecuación 8-3}$$

A continuación se muestran los parámetros para el cálculo de los FE para vehículos livianos particulares a diesel.

Tabla 8-19: Constantes para la Ecuación 8-3. Vehículos Livianos particulares diesel.

Norma	Pollutant	Engine capacity	a	B	c	d	e	f
Euro 1	CO	All capacities	9,96E-01	0	-1,88E-02	0	1,09E-04	0
Euro 2	CO	All capacities	9,00E-01	0	-1,74E-02	0	8,77E-05	0
Euro 3	CO	All capacities	1,69E-01	0	-2,92E-03	0	1,25E-05	1,1
Euro 4	CO	All capacities	0	0	0	0	0	0
Euro 1	HC	<2.0	1,42E-01	1,38E-02	-2,01E-03	-1,90E-05	1,15E-05	0
Euro 1	HC	>2.0	1,59E-01	0	-2,46E-03	0	1,21E-05	0
Euro 2	HC	<2.0	1,61E-01	7,46E-02	-1,21E-03	-3,35E-04	3,63E-06	0
Euro 2	HC	>2.0	5,01E+04	3,80E+04	8,03E+03	1,15E+03	-2,66E+01	0
Euro 3	HC	<2.0	9,65E-02	1,03E-01	-2,38E-04	-7,24E-05	1,93E-06	0
Euro 3	HC	>2.0	9,12E-02	0	-1,68E-03	0	8,94E-06	0
Euro 4	HC	All capacities	3,47E-02	2,69E-02	-6,41E-04	1,59E-03	1,12E-05	0
Euro 1	NO _x	All capacities	3,10E+00	1,41E-01	-6,18E-03	-5,03E-04	4,22E-04	0
Euro 2	NO _x	All capacities	2,40E+00	7,67E-02	-1,16E-02	-5,00E-04	1,20E-04	0
Euro 3	NO _x	All capacities	2,82E+00	1,98E-01	6,69E-02	-1,43E-03	-4,63E-04	0
Euro 4	NO _x	All capacities	1,11E+00	0	-2,02E-02	0	1,48E-04	0
Euro 1	PM	All capacities	1,14E-01	0	-2,33E-03	0	2,26E-05	0
Euro 2	PM	All capacities	8,66E-02	0	-1,42E-03	0	1,06E-05	0
Euro 3	PM	All capacities	5,15E-02	0	-8,80E-04	0	8,12E-06	0
Euro 4	PM	All capacities	4,50E-02	0	-5,39E-04	0	3,48E-06	0

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Vehículos livianos comerciales

La siguiente tabla muestra las ecuaciones utilizadas para calcular los FE (en gr/km) para vehículos livianos comerciales. Para la validez de estas ecuaciones, la velocidad del vehículo debe estar dentro del rango de 10 a 110 km/hr.

Tabla 8-20: Factores de emisión para vehículos livianos comerciales (gr/km)

Norma	Combustible	Pollutant	FE
Sin norma	Diesel	CO	$20E-05*V^2 - 0,0256*V + 1,8281$
Euro 1	Diesel	CO	$22,3E-05*V^2 - 0,026*V + 1,076$
Sin norma	Diesel	NO _x	$81,6E-05*V^2 - 0,1189*V + 5,1234$
Euro 1	Diesel	NO _x	$24,1E-05*V^2 - 0,03181*V + 2,0247$
Sin norma	Diesel	VOC	$1,75E-05*V^2 - 0,00284*V + 0,2162$
Euro 1	Diesel	VOC	$1,75E-05*V^2 - 0,00284*V + 0,2162$
Sin norma	Diesel	PM	$1,25E-05*V^2 - 0,000577*V + 0,288$
Euro 1	Diesel	PM	$4,5E-05*V^2 - 0,004885*V + 0,1932$
Sin norma	Gasolina	CO	$0,01104*V^2 - 1,5132*V + 57,789$
Euro 1	Gasolina	CO	$0,0037*V^2 - 0,5215*V + 19,127$
Sin norma	Gasolina	NO _x	$0,0179*V + 1,9547$
Euro 1	Gasolina	NO _x	$7,55E-05*V^2 - 0,009*V + 0,666$
Sin norma	Gasolina	VOC	$67,7E-05*V^2 - 0,117*V + 5,4734$
Euro 1	Gasolina	VOC	$5,77E-05*V^2 - 0,01047*V + 0,5462$

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

En la siguiente tabla se muestran los FE (en mg/km) de metano para vehículos livianos. Estos FE son iguales tanto para vehículos particulares, como para comerciales.

Tabla 8-21: Factores de emisión para vehículos livianos (mg/km)

Norma	Combustible	FE
Sin norma	Gasolina	131
Euro 1	Gasolina	26
Euro 2	Gasolina	17
Euro 3	Gasolina	3
Euro 4	Gasolina	2
Sin norma	Diesel	28
Euro 1	Diesel	11
Euro 2	Diesel	7
Euro 3	Diesel	3
Euro 4	Diesel	0

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Camiones

A continuación se presentan las 7 ecuaciones correspondientes a los FE de camiones:

$$FE = a \cdot b^V \cdot V^c \quad \text{Ecuación 8-4}$$

$$FE = a \cdot V^b + c \cdot V^c \quad \text{Ecuación 8-5}$$

$$FE = a + b \cdot V + \frac{(c - b) \cdot (1 - e^{((-1) \cdot d) \cdot V})}{d} \quad \text{Ecuación 8-6}$$

$$FE = e + a \cdot e^{(-1 \cdot b \cdot V)} + (c \cdot e^{((-1) \cdot d) \cdot V}) \quad \text{Ecuación 8-7}$$

$$FE = \frac{1}{((c \cdot (V^2)) + (b \cdot V)) + a} \quad \text{Ecuación 8-8}$$

$$FE = \frac{1}{a + (b \cdot (V^c))} \quad \text{Ecuación 8-9}$$

$$FE = a + \left(\frac{b}{1 + e^{(((-1) \cdot c) + (d \cdot \ln(V))) + (e \cdot V)}} \right) \quad \text{Ecuación 8-10}$$

Los parámetros pueden encontrarse en (European Environment Agency, 2007)

8.6.2 Matriz de asignación norma-año

A continuación se presenta la Tabla 8-22 con la asignación de años según norma, tipo de vehículo y combustible para factores de emisión.

Tabla 8-22: Asignación norma-año para camiones

Tipo vehículo	Combustible	Norma ³⁰	Año Inicio		Año Fin
Camiones	Diesel	Sin Norma	1980	-	1993
Camiones	Diesel	EUROI	1994	-	1997
Camiones	Diesel	EUROII	1998	-	2005
Camiones	Diesel	EUROIII	2006	-	2009
Camiones	Diesel	EUROIV	2010	-	2015
Vehículo Liviano	Diesel	Sin Norma	1980	-	1992
Vehículo Liviano	Diesel	EUROI	1993	-	1998
Vehículo Liviano	Diesel	EUROII	1999	-	2003
Vehículo Liviano	Diesel	EUROIII	2004	-	2004
Vehículo Liviano	Diesel	EUROIV	2005	-	2010
Vehículo Liviano	Diesel	EUROV	2011	-	2015
Vehículo Liviano	Gasolina	Sin Norma	1980	-	1992
Vehículo Liviano	Gasolina	EUROI	1993	-	2000
Vehículo Liviano	Gasolina	EUROII	2001	-	2004
Vehículo Liviano	Gasolina	EUROIII	2005	-	2009
Vehículo Liviano	Gasolina	EUROIV	2010	-	2015

Fuente: Elaboración propia.

³⁰ Para los casos “Sin Norma” para vehículos livianos se utilizan ponderadores de ajuste, explicitados en el anexo 0.

8.6.3 Excepciones en la matriz de asignación norma-año

En la siguiente tabla se encuentran los ponderadores para los años, contaminantes y combustibles indicados, para lograr una mejor aproximación al caso chileno, según los datos de (DICTUC, 2007), para factores de emisión.

Tabla 8-23: Ponderadores de ajuste para la asignación de años a las normas pre-EURO para vehículos livianos

Año	Diesel				Gasolina		
	CO	PM25	COV	NOX	CO	COV	NOX
1980	1,048	1,101	1,056	1,121	1,104	1,104	1,217
1981	1,038	1,079	1,044	1,095	1,082	1,082	1,170
1982	1,028	1,058	1,033	1,070	1,061	1,061	1,125
1983	1,019	1,038	1,022	1,046	1,040	1,040	1,082
1984	1,009	1,018	1,011	1,022	1,020	1,020	1,040
1985	1	1	1	1	1	1	1
1986	0,991	0,982	0,989	0,978	0,980	0,980	0,962
1987	0,982	0,965	0,979	0,958	0,961	0,961	0,925
1988	0,973	0,949	0,969	0,938	0,942	0,942	0,889
1989	0,965	0,934	0,959	0,919	0,924	0,924	0,855
1990	0,956	0,919	0,949	0,900	0,906	0,906	0,822
1991	0,948	0,905	0,940	0,883	0,888	0,888	0,790
1992	0,940	0,891	0,930	0,866	0,871	0,871	0,760

Fuente: Elaboración propia.(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

8.6.4 Asignación EPA EURO para factores de emisión

A continuación se muestra la Tabla 8-24 con la asignación EPA-EURO para factores de emisión

Tabla 8-24: Asignación de normas EURO a normas EPA

Tipo Veh.	US	UE
Vehículo Liviano	EPA83	EUROI
Vehículo Liviano	EPA91	EUROII
Vehículo Liviano	EPA94	EUROIII (G)
Vehículo Liviano	EPA94	EUROIV (D)
Camiones	EPA91	EUROI
Camiones	EPA94	EUROII
Camiones	EPA98	EUROIII
Camiones	EPA2007	EUROIV

Fuente: Elaboración propia.(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

8.6.5 Factores de deterioro

Esta sección aporta mayor información respecto a la estimación de los factores de deterioro aplicados a los factores de emisión.

Copert 4

(Samaras, Ntziachristosa et al., 2008) recomiendan la utilización de curvas de deterioro de los vehículos en función del kilometraje recorrido estimadas para dos ciclos de conducción diferentes (UDC [19 km/hr] y UEDC [63 km/hr]). La forma funcional de la curva sugerida es la representada por la Ecuación 3-8, y las siguientes tablas muestran los parámetros de dicha ecuación.

Tabla 8-25: Deterioro para vehículos livianos Euro I y Euro II por contaminante y ciclo de conducción.

Parámetro	Cilindrada	Kilometraje medio [km]	AM	BM*	Valor a >120000 km
Corrección para Velocidad < 19 km/h (CKMUDC)					
CO	<1,4	29.057	1,5E-05	0,557	2,39
	1,4-2,0	39.837	1,1E-05	0,543	1,92
	>2,0	47.028	9,2E-06	0,565	1,67
NOX	ALL	44.931	1,6E-05	0,282	2,2
HC	<1,4	29.057	1,2E-05	0,647	2,1
	1,4-2,0	39.837	1,2E-05	0,509	1,99
	>2,0	47.028	1,2E-05	0,432	1,88
Corrección para Velocidad > 63 km/h (CKmEUDC)					
CO	<1,4	29.057	1,7E-05	0,509	2,54
	1,4-2,0	39.837	9,6E-06	0,617	1,77
	>2,0	47.028	2,7E-06	0,873	1,2
NOX	ALL	47.186	1,2E-05	0,424	1,89
HC	<1,4	29.057	6,6E-06	0,809	1,6
	1,4-2,0	39.837	9,8E-06	0,609	1,79
	>2,0	47.028	6,2E-06	0,707	1,45

* Valor a 0 km

** Ciclo de conducción: European UDC

*** Ciclo de conducción: European EUDC

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Tabla 8-26: Deterioro para vehículos livianos Euro III y Euro IV por contaminante y ciclo de conducción.

Parámetro	Cilindrada	Kilometraje medio [km]	AM	BM*	Kilometraje de estabilización
Corrección para Velocidad < 19 km/h (CKMUDC)					
CO	<1,4	1,15E-05	0,557	1,93	159.488
	1,4-2,0	8,35E-06	0,543	1,54	165.085
	>2,0	6,41E-06	0,565	1,33	173.001
NOX	ALL	1,30E-05	0,282	1,84	148.071
HC	<1,4	8,87E-06	0,647	1,71	164.278
	1,4-2,0	9,33E-06	0,509	1,63	158.456
	>2,0	9,30E-06	0,432	1,55	155.881
Corrección para Velocidad > 63 km/h (CKmEUDC)					
CO	<1,4	1,30E-05	0,509	2,07	156.273
	1,4-2,0	6,59E-06	0,617	1,41	174.868
	>2,0	1,82E-07	0,873	0,89	179.775
NOX	ALL	9,42E-06	0,424	1,55	155.436
HC	<1,4	3,77E-06	0,809	1,26	209.152
	1,4-2,0	6,98E-06	0,609	1,45	168.823
	>2,0	3,70E-06	0,707	1,15	201.667

* Valor a 0 km

** Ciclo de conducción: European UDC

*** Ciclo de conducción: European EUDC

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

DICTUC 2007

Las tablas siguientes presentan los valores de deterioro utilizados en (DICTUC 2007) para vehículos livianos y camiones.

Tabla 8-27: Deterioro anual (% por año) para vehículos livianos

Combustible	Categoría	Sello	CO	CO2	COV	NH3	NOX	PM25	SOX
Diesel	Particular	Con sello verde	6	4	3	3	3	6	3
		Sin sello verde	3	3	6	1	6	3	10
	Comercial	Con sello verde	6	4	4	3	3	1	3
		Sin sello verde	3	3	6	1	6	3	10
Gasolina	Particular	Con sello verde	8	3	6	1	6	3	2
		Sin sello verde	3	8	3	10	10	3	2
	Comercial	Con sello verde	3	3	3	1	2	3	2
		Sin sello verde	3	3	8	10	10	1	2

Fuente: (DICTUC, 2007)

Tabla 8-28: Deterioro anual (% por año) para camiones

Sello	Categoría	CO	CO2	COV	NH3	NOX	PM25	SOX
Con sello verde (posteriores a 1993)	Liviano	6	4	3	3	3	6	3
	Mediano	6	4	4	3	3	1	3
	Pesado	6	4	3	3	3	1	3
Sin sello verde (anteriores a 1993)	Liviano	3	3	6	1	6	3	10
	Mediano	3	3	6	1	6	3	10
	Pesado	3	3	6	1	6	3	10

Fuente: (DICTUC, 2007)

8.7 Formulación probabilidad de vida

A continuación se presentan las fórmulas estimativas para este parámetro recomendadas en (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008) para los tipos y categorías de vehículos atingentes al presente Estudio.

Tabla 8-29: Probabilidad de supervivencia por categoría y tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Categoría	Función	B1	B2	T
Livianos	Particulares	$\varphi(k) = \exp \left[- \left(\frac{k+b}{T} \right)^b \right]; \varphi(0) = 1$	3.49039		18.43489
	Comerciales	$\varphi(k) = \exp \left[- \left(\frac{k+h_1 e^{h_2 k}}{T} \right)^{h_1 e^{h_2 k}} \right]; \varphi(0) = 1$	3.49856	-0.02497	15.33555
Pesados		$\varphi(k) = \exp \left[- \left(\frac{k+h_1 e^{h_2 k}}{T} \right)^{h_1 e^{h_2 k}} \right]; \varphi(0) = 1$	2.931193	-0.01669	17.38097

Fuente: (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Donde,

$\varphi(k)$ = probabilidad de que un vehículo este circulando luego de k años desde su fabricación

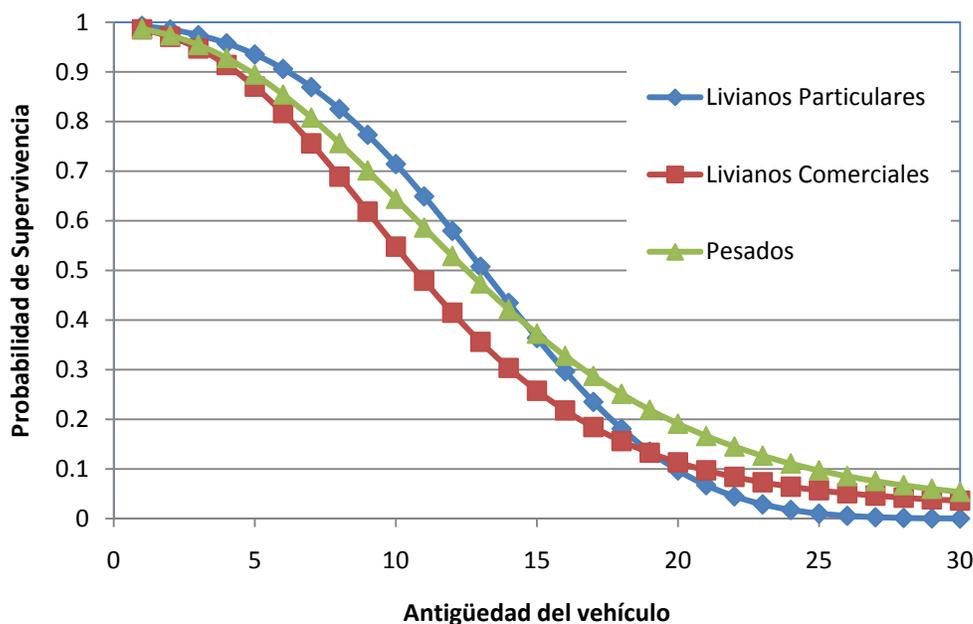
b_1 y b_2 = parámetros de función de tasa de fallo de un vehículo (tasa de fallo >1 implica que aumenta en el tiempo).

T = vida útil característica de un vehículo.

La tasa de fallo puede tomar una forma lineal $b_1 + b_2 \cdot k$ o exponencial $b_1 \cdot \exp(b_2 \cdot k)$. Si b_2 es 0 indica que la tasa de fallo no depende de la antigüedad del vehículo.

En la siguiente figura se grafican las curvas estimadas por (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008).

Figura 8-4: Curvas de supervivencia según tipo de vehículo y categoría



Fuente: Elaboración propia a partir de (Samaras, Ntziachristosa et al., 2008)

Para el caso de vehículos livianos comerciales y pesados las funciones de probabilidad de supervivencia anteriores fueron modificadas, esto debido a que más allá de cierta antigüedad (30 años aproximadamente) los valores son crecientes, lo que no tiene sustento en la realidad. Lo anterior puede deberse al rango de validez de las curvas de supervivencia utilizadas.

Para el caso de los vehículos particulares comerciales la modificación consistió en seguir, a partir del año 19, la curva de los vehículos livianos particulares. El año 19 corresponde a la antigüedad donde la probabilidad de vida de los vehículos livianos comerciales comienza a superar a la de los vehículos particulares.

Para el caso de camiones, a partir del año 30 la función de la curva es reemplazada por la pendiente que adopta ésta entre los años 25 y 30. La forma funcional de esta pendiente es:

$$\varphi(k)_{\text{Vehículo Pesado}} = -0.0053 * k + 0.2129$$

Donde $\varphi(k)$ es la probabilidad de que un vehículo esté circulando luego de k años desde su fabricación.

La Figura 3-9 del capítulo Probabilidad de supervivencia ilustra las curvas de probabilidad de vida modificadas utilizadas en este estudio.

8.8 Reducción de emisiones anuales

A continuación se muestran los valores de reducción de emisiones anuales que se alcanzarían por vehículo chatarrizado, calculado con los factores de emisión basados en COPERT 4:

Tabla 8-30: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	12	3	8	14	675
1980-1985	15	3	10	16	797
1986-1990	21	4	13	22	1.112
1991-1995	16	4	15	20	947
1996-1999	2	2	9	11	276
>1999	0	0	6	13	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-31: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	8	1	5	22	536
1980-1985	10	2	6	25	651
1986-1990	14	2	8	35	934
1991-1995	12	2	9	30	810
1996-1999	3	2	7	10	256
>1999	0	0	7	12	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-32: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	12	4	13	48	1.612
1980-1985	14	4	15	55	1.921
1986-1990	20	6	20	75	2.704
1991-1995	20	7	18	68	2.321
1996-1999	13	6	8	33	708
>1999	0	0	8	40	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-33: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	86	0	10	13	44
1980-1985	94	0	11	13	68
1986-1990	112	0	13	14	121
1991-1995	48	0	6	6	127
1996-1999	16	0	2	2	2
>1999	5	0	1	1	8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-34: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	61	0	10	14	29
1980-1985	70	0	11	14	54
1986-1990	92	0	13	15	114
1991-1995	53	0	7	8	189
1996-1999	25	0	2	4	250
>1999	8	0	1	1	51

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-35: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	2,6	1,0	0,6	1,0	0
1980-1985	3,0	1,0	0,7	0,9	0
1986-1990	4,0	1,3	0,9	0,6	0
1991-1995	3,5	0,6	0,9	0,4	0
1996-1999	3,7	0,3	1,2	0,5	0
>1999	2,7	0,2	1,1	0,5	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-36: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	4	1	1	6	186
1980-1985	4	1	1	6	240
1986-1990	6	2	1	7	376
1991-1995	4	1	1	8	396
1996-1999	2	1	1	9	299
>1999	2	0	1	10	14

Fuente: Elaboración propia.

8.9 Reducción de emisiones según (DICTUC 2007)

A continuación se muestran los valores de reducción de emisiones anuales y luego las totales que se lograrían por vehículo chatarrizado, utilizando los factores de emisión de (DICTUC 2007), los que se basan en Copert III:

Tabla 8-37: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	23	2	11	20	0
1980-1985	27	3	13	23	0
1986-1990	37	4	17	32	0
1991-1995	35	4	19	34	0
1996-1999	15	2	12	21	0
>1999	13	1	7	15	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-38: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	16	3	7	30	0
1980-1985	19	4	8	35	0
1986-1990	27	5	11	48	0
1991-1995	25	5	11	51	0
1996-1999	11	3	9	32	0
>1999	9	2	9	22	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-39: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	29	8	16	132	0
1980-1985	34	10	19	153	0
1986-1990	48	13	25	209	0
1991-1995	46	14	23	205	0
1996-1999	22	7	10	98	0
>1999	19	2	10	71	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-40: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	143	0	11	25	238
1980-1985	156	0	11	26	289
1986-1990	187	0	14	27	409
1991-1995	111	0	9	15	287
1996-1999	23	0	2	4	264
>1999	5	0	0	1	302

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-41: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	211	0	31	30	91
1980-1985	243	0	34	32	127
1986-1990	320	0	41	34	216
1991-1995	234	0	20	18	329
1996-1999	94	0	3	4	425
>1999	23	0	0	0	443

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-42: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	5	2	2	21	62
1980-1985	6	2	2	22	88
1986-1990	8	2	2	25	149
1991-1995	5	2	1	17	192
1996-1999	3	1	1	11	270
>1999	1	0	0	4	291

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-43: Reducciones anuales (kg/año) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	11	5	3	20	50
1980-1985	13	6	4	22	80
1986-1990	18	8	4	26	151
1991-1995	14	6	3	22	241
1996-1999	8	3	2	13	318
>1999	3	1	1	4	313

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran las reducciones de emisiones totales, según los FE de COPERT III:

Tabla 8-44: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones livianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	137	14	66	121	0
1980-1985	180	18	85	156	0
1986-1990	277	28	128	236	0
1991-1995	270	31	148	264	0
1996-1999	127	17	97	175	0
>1999	143	13	76	168	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-45: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones medianos a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	97	19	40	181	0
1980-1985	128	25	51	234	0
1986-1990	199	37	78	353	0
1991-1995	194	40	86	395	0
1996-1999	89	23	71	261	0
>1999	101	18	99	251	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-46: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para camiones pesados a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	172	51	97	795	0
1980-1985	228	65	125	1.026	0
1986-1990	354	97	189	1.549	0
1991-1995	354	110	179	1.572	0
1996-1999	183	59	87	807	0
>1999	215	25	115	793	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-47: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	250	0	18	44	415
1980-1985	309	0	23	51	571
1986-1990	505	0	37	74	1.105
1991-1995	471	0	38	62	1.222
1996-1999	130	0	9	21	1.483
>1999	48	0	4	5	2.728

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-48: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a gasolina según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	369	0	55	53	158
1980-1985	480	0	68	62	252
1986-1990	864	0	110	91	583
1991-1995	996	0	85	78	1.401
1996-1999	527	0	17	23	2.390
>1999	206	0	2	4	3.996

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-49: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos de pasajeros a diesel según rangos de año modelo.

Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	9	3	3	36	108
1980-1985	12	4	4	44	175
1986-1990	20	6	6	68	402
1991-1995	22	7	5	72	819
1996-1999	18	5	4	62	1.521
>1999	11	1	2	34	2.623

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8-50: Reducciones totales (kg) por vehículo chatarrizado para vehículos livianos comerciales a diesel según rangos de año modelo.

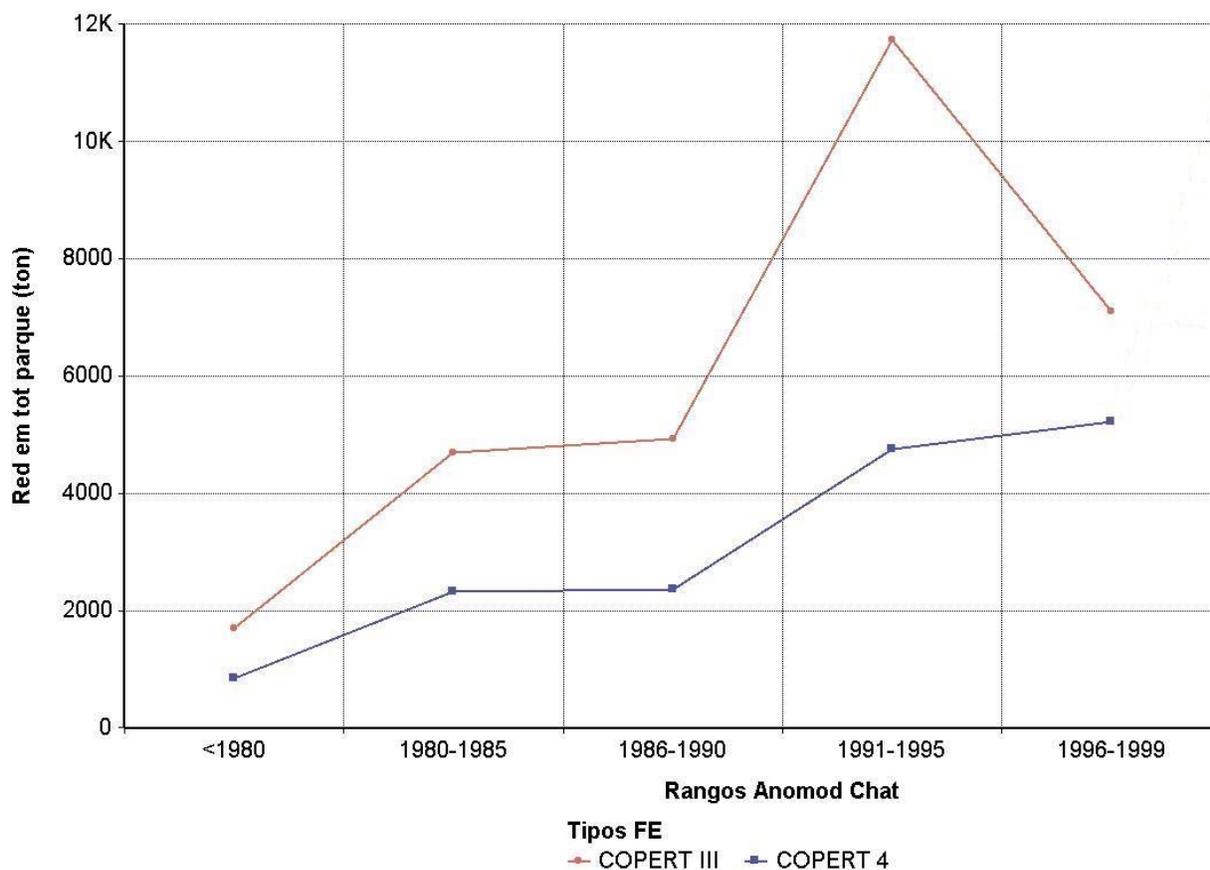
Año de fabricación	CO	PM ₂₅	COV	NO _x	CO ₂
<1980	19	10	5	35	88
1980-1985	25	12	7	44	158
1986-1990	48	21	12	71	407
1991-1995	60	28	12	94	1.028
1996-1999	47	18	9	75	1.786
>1999	28	5	5	35	2.824

Fuente: Elaboración propia.

8.10 Discusión diferencias FE Copert 4 y (DICTUC 2007)

Los resultados finales de reducción de emisiones muestran diferencias claramente identificables entre aquellos calculados con los factores de emisión de Copert 4 y aquellos entregados por (DICTUC, 2007). A modo de ejemplo, las figuras siguientes muestran diferencias en las tendencias y en los valores absolutos de NOx y COV para vehículos livianos.

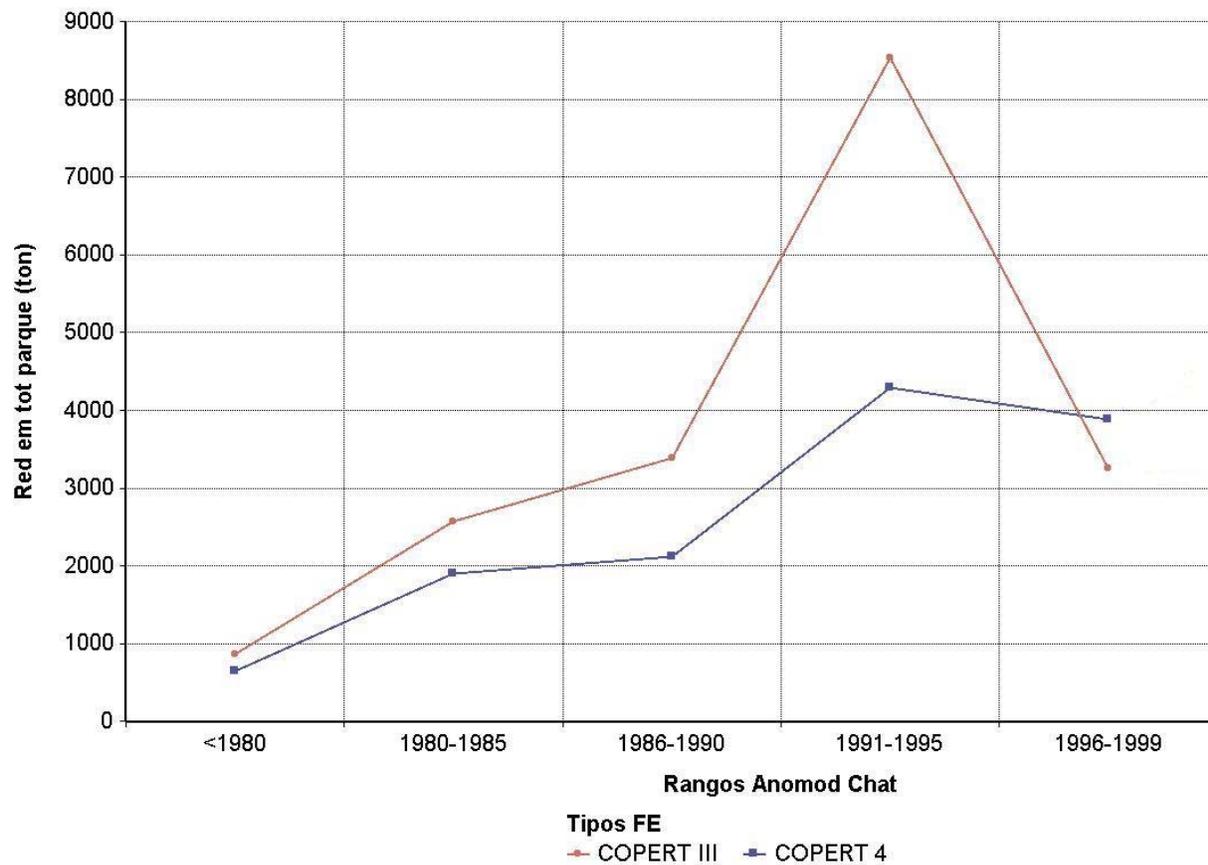
Figura 8-5: Comparación de reducción de emisiones entre Copert 4 y (Dictuc 2007) para NOx para vehículos livianos



Fuente: Elaboración propia.

En general se observa un valor mayor de reducción de emisiones para aquellas calculadas con los factores de emisión de Copert III, y es especialmente sobresaliente, como se muestra en estas figuras, el periodo 1991-1995, donde la diferencia es máxima. Además, existe una clara diferencia en la tendencia, siendo la pendiente de la curva de Copert III significativamente mayor, lo que va en contra de lo esperado por los expertos. El origen de esto viene directamente de los factores de emisión Copert 4.

Figura 8-6: Comparación de reducción de emisiones entre Copert 4 y (Dictuc 2007) para COV para vehículos livianos



Fuente: Elaboración propia.