

**Estimación de un inventario de emisiones provenientes de
fuentes móviles para la ciudad de Chihuahua, Chih.**

por

Ing. Jaime González Magallanes

Tesis

Presentada al Programa de Graduados en Ingeniería

del

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey

como requisito parcial para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

Monterrey, N.L. Mayo de 2000

© Jaime González Magallanes, 2000

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

División de Graduados e Investigación

Programa de Graduados en Ingeniería

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis de Jaime González Magallanes sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias, especialidad en:

Ingeniería Ambiental

Comité de tesis:

Dr. Jerónimo Martínez Martínez

Asesor de la tesis

Dr. Enrique R. Cárdenas

Grandgillhomme

Sinodal

M.C. Emma Inés Cortés Soriano

Sinodal

Dr. Federico Viramontes Brown

Programa de Graduados en Ingeniería

Mayo de 2000

Para Ana, por esa magia que ha convertido y convierte los sueños en realidad

Reconocimientos

Le agradezco a mis padres, sin cuyo apoyo y entusiasmo esto nunca hubiera sido posible. Mi más grande admiración por todo el tiempo y la energía que dedicaron para formar una familia, ver a sus hijos crecer y apoyarnos en todo momento.

Agradezco a mi comité de tesis: A mi asesor, el Dr. Jerónimo Martínez por su apoyo y acertados comentarios; al Dr. Enrique Cárdenas y su interminable paciencia; a la Ing. Emma Cortés por todo el entusiasmo y su desinteresado apoyo para completar este proyecto y al Ing. Guillermo Reyes, por su participación siempre oportuna.

A mis compañeros del Centro de Calidad Ambiental del Campus Chihuahua, son parte integrante de este proyecto y su apoyo ha sido invaluable: Chelito, Alberta, Ariel, Helga, Imelda, Carlos, José Luis, Roberto, Claudia, Luly, Lorena y Judith.

A Carl Snow, que fue quien me mostró el modelo Mobile5 y que desinteresadamente ha promovido su uso en México.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para realizar mis estudios de posgrado y por el apoyo que incesantemente otorga a la educación en México.

Agradezco al Ing. Alfredo Campos y al Ing. Jorge González por su valiosa ayuda al permitirme emplear los datos recopilados por el RSD-2000.

Gracias a las siguientes dependencias por proporcionar la información en la que se basó este trabajo: Pemex Refinación sucursal Chihuahua, Departamento de Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua, Departamento de Tránsito del Municipio de Chihuahua, Pemex Refinación en México, D.F., Corporación Radian, Instituto Nacional de Ecología y el Departamento de Recaudación de Rentas del Gobierno del Estado de Chihuahua.

JAIME GONZÁLEZ MAGALLANES

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Mayo 2000

Estimación de un inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles para la ciudad de Chihuahua, Chih.

Jaime González Magallanes, M.C.
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Asesor de la tesis: Dr. Jerónimo Martínez Martínez

A consecuencia del acelerado crecimiento urbano, la contaminación atmosférica se ha convertido en un tema de actualidad en varias ciudades del país. Como parte inicial de las tareas de administración de la calidad del aire es necesario obtener un inventario detallado de las emisiones a la atmósfera.

En este trabajo se realizan las primeras aproximaciones a un inventario de emisiones proveniente de fuentes móviles para la ciudad de Chihuahua. La primera de ellas se realiza mediante un modelo específico, y la segunda mediante el empleo de sensores remotos.

Como primera parte del proceso se realiza una estimación de la población de vehículos ilegales partiendo de muestreos aleatorios en diversas zonas de la ciudad. En estos muestreos se evaluaron 586 vehículos.

Para el cálculo de emisiones se emplea el modelo Mobile5a, en sus versiones Mobile-Juárez y Mobile-Monterrey, así como dos modificaciones específicas para Chihuahua.

Para la medición de los gases de descarga del escape de vehículos automotores se emplea un equipo de sensores remotos denominado RSD-2000, la cantidad de vehículos evaluados es de 46 331.

Entre las causas de las diferencias entre los inventarios de emisiones calculados se tienen las siguientes:

- La detección mediante el RSD-2000 no incluye las emisiones evaporativas, que pueden alcanzar hasta el 60% de la emisión de hidrocarburos.
- La incertidumbre en el rendimiento promedio de combustible para el parque vehicular.
- La imposibilidad de obtener datos de modos de manejo.
- La dificultad de obtener datos de edad y características de vehículo para todo el parque vehicular (incluyendo vehículos ilegales).
- Las variaciones de tecnología entre el parque vehicular de Chihuahua y los de Cd. Juárez y Monterrey.

La recomendación principal es la de iniciar un programa de verificación (que bien puede ser bienal), de manera que permita caracterizar la flota vehicular de la ciudad, establecer rendimientos adecuados de combustible, nivel de deterioro del vehículo (tampering) así como estado general del mismo.

Existe un gran vacío en cuanto a los datos de tráfico que permitan distribuir espacialmente los contaminantes, la recomendación es actualizar los conteos de vehículos en las arterias más transitadas por lo menos una vez al año.

Índice General

Reconocimientos	vi
Resumen	vii
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xiv
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivo	4
Capítulo 2 Contaminación del aire y fuentes móviles	5
2.1 Los contaminantes y su regulación	6
2.2 Operación de los motores	6
2.3 Emisiones contaminantes	7
2.3.1 Monóxido de carbono	9
2.3.2 Hidrocarburos	9
2.3.3 Partículas y NO _x	11
2.4 Estrategias de control	12
2.5 Regulación específica para fuentes móviles	13
Capítulo 3 Panorama general de la zona urbana de Chihuahua	17
3.1 Aspectos geográficos y sociodemográficos	18
3.1.1 Población	18
3.2 Población vehicular	18
3.2.1 Vehículos <i>chuecos</i>	18
3.2.2 Red vial	19
3.3 Verificación vehicular	19
3.4 Inventarios previos	21
Capítulo 4 Métodos de estimación utilizados	22
4.1 Cálculo de emisiones	22
4.1.1 Contaminantes y estaciones	23
4.1.2 Tecnología de control de emisiones	23

4.1.3	Velocidades básicas de emisión	27
4.1.4	Factores de corrección	27
4.1.5	Factor compuesto de emisión	29
4.2	Cálculo del inventario	29
Capítulo 5	Datos específicos de la ciudad	30
5.1	Parque Vehicular	30
5.1.1	Vehículos nacionales	31
5.1.2	Vehículos <i>chuecos</i>	31
5.1.3	Encuestas	34
5.1.4	Comparación de los datos generados	36
5.2	Combustibles	37
5.2.1	Volumen de combustibles	37
5.2.2	Características de los combustibles	39
5.2.3	Inventario preliminar	40
5.2.4	KRV y fracciones de KRV	40
Capítulo 6	Resultados de Mobile5 y análisis de alternativas	44
6.1	Estado actual	44
6.1.1	Mobile-Juárez	44
6.1.2	Mobile-Monterrey	45
6.1.3	Primera modificación para Chihuahua	45
6.1.4	Segunda modificación para Chihuahua	48
6.2	Verificación vehicular	51
Capítulo 7	Sensores Remotos	54
7.1	Introducción	54
7.2	Mediciones con el RSD-2000 en la ciudad de Chihuahua	54
7.3	El equipo RSD-2000	55
7.4	Desarrollo de las pruebas	56
7.5	Resultados	57
Capítulo 8	Conclusiones y recomendaciones	64
Capítulo A	Resultados de la encuesta	67
Capítulo B	Archivos de Mobile 5	90
B.1	Corrida de inventario	91
B.1.1	Archivo de entrada	91
B.1.2	Archivo de salida	92
B.2	Datos de Mobile	95
B.2.1	MONTMAP.INP	96
B.2.2	REGMAR.INP	97
B.2.3	REGMC.INP	99

Capítulo C Resultados de la inspección con el RSD-2000	100
Bibliografía	102
Vita	104

Índice de Tablas

1.1	Inventario de emisiones de la Ciudad de México 1994	3
1.2	Inventario de emisiones de Monterrey 1995	3
2.1	Límites de calidad del aire en México	6
2.2	Emisiones del escape en función del modo de operación	9
2.3	Normas de emisión USA ($\frac{g}{Km}$).	13
2.4	Límites de emisión para vehículos en México.	14
3.1	Población en la ciudad de Chihuahua.	18
3.2	Vehículos que circulan en la ciudad de Chihuahua	19
3.3	Resumen de inspección 1996	21
3.4	Inventario Gobierno del Estado 1997	21
4.1	Matriz de equivalencia (Emisiones del escape)	24
4.2	Matriz de equivalencia (Emisiones evaporativas)	25
5.1	Edad de los vehículos nacionales	31
5.2	Edades de los vehículos <i>chuecos</i> censados en 1995	33
5.3	Volumen estimado del parque vehicular	35
5.4	Edad de los vehículos encuestados	36
5.5	Consumo de combustible 1997 (m^3)	38
5.6	Proporción de consumo de gasolinas 1997	39
5.7	Rango de presión de vapor de Reid	40
5.8	Plomo, azufre y oxígeno en combustibles	41
5.9	Factores de emisión de Bishop	41
5.10	Inventario preliminar	41
5.11	Fracciones de KRV en Ciudad Juárez	42
5.12	Volumen de vehículos por ciudad	43
5.13	Fracciones de KRV para Chihuahua	43
6.1	Factores de emisión Mobile-Juárez	45
6.2	Factores de emisión Mobile-Monterrey	46
6.3	Factores de emisión modificación Chihuahua	48
6.4	Factores de emisión para vehículos <i>chuecos</i>	49
6.5	Factores de emisión promedio para todo el parque vehicular	50

6.6	Factores de emisión para vehículos registrados	50
7.1	Promedio de las mediciones con el RSD-2000	58
7.2	Factores de emisión calculados mediante el RSD	58
7.3	Inventario de emisiones vehiculares calculado mediante el RSD	58
7.4	Resumen de resultados del RSD-2000	59
8.1	Resumen de inventarios (toneladas por año)	64
A.1	Datos recopilados durante la encuesta	89

Índice de Figuras

1.1	Rutas de emisión en un vehículo	4
2.1	Gases de combustión vs relación aire-combustible	8
3.1	La ciudad de Chihuahua en el país	17
3.2	Red vial de la ciudad	20
5.1	Distribución de vehículos por modelo. Recaudación de rentas.	32
5.2	Distribución de vehículos por modelo. Censo 1994.	33
5.3	Porcentaje acumulado de vehículos. Encuesta 1998	37
5.4	Porcentaje de vehículos <i>chuecos</i> por modelo	39
6.1	Vehículos nacionales por su tecnología	47
6.2	Vehículos norteamericanos por su tecnología	47
6.3	Porcentaje de monóxido de carbono bajo diferentes programas de verificación	51
6.4	Porcentaje de óxidos de nitrógeno bajo diferentes programas de verificación	52
6.5	Porcentaje de hidrocarburos bajo diferentes programas de verificación	52
7.1	Diagrama del arreglo del RSD-2000	55
7.2	Emisión de bióxido de carbono vs. modelo	60
7.3	Emisión de monóxido de carbono vs. modelo	61
7.4	Emisión de hidrocarburos vs. modelo	61
7.5	Distribución de las mediciones de monóxido de carbono	62
7.6	Distribución de las mediciones de bióxido de carbono	62
7.7	Distribución de las mediciones de hidrocarburos	63

1

Introducción

La contaminación atmosférica puede representar un riesgo para la salud cuando se presenta en grandes cantidades. Existen en nuestro país grandes áreas rurales en las que difícilmente se experimentarán problemas de contaminación, en tanto que en gran parte de los ambientes urbanos los altos niveles de contaminantes son un suceso cotidiano. En años recientes se ha visto incrementada la urbanización y la actividad industrial en diversas ciudades del país por lo que la calidad del aire se ha convertido en materia de estudio en la mayoría de nuestras ciudades.

La calidad del aire es resultado de complejas interacciones entre muy diversas fuentes, desde chimeneas industriales y vehículos, hasta el uso de aerosoles y desodorantes, limpiadores caseros y pinturas. Incluso los procesos naturales juegan un papel importante en el problema de contaminación del aire.

Dada la compleja naturaleza del problema se necesitan planes regionales para identificar las principales fuentes de emisión y para desarrollar métodos para la reducción de los impactos a la salud, que son resultado de la exposición a la contaminación del aire. Algunos ejemplos de las actividades a incluir en planes de este tipo son:

- Aplicación de modelos de calidad del aire (fotoquímicos).
- Análisis de las principales fuentes de emisión, para el desarrollo de estrategias de control.
- Análisis del transporte de emisiones de una a otra región.
- Análisis de las tendencias de emisión.
- Proyecciones de la calidad del aire a corto y mediano plazo.

Para todo este tipo de actividades de planeación es de vital importancia contar con un inventario confiable de emisiones.

En fechas recientes se han venido desarrollando esfuerzos para implementar programas de inventarios de emisiones en diversas ciudades del país, tanto en esfuerzos de instituciones académicas [1, 2] como del sector público [3, 4, 5].

1.1 Justificación

La ciudad de Chihuahua ha venido presentando un rápido deterioro de la calidad del aire, con frecuentes inversiones térmicas en invierno y, de acuerdo con diversas estimaciones elaboradas por el departamento de Ecología de Gobierno del Estado, también con algunos episodios en los que se han rebasado las normas internacionales de ozono en el verano.

Como tarea inicial en la administración de la calidad del aire en la ciudad, se requiere contabilizar los contaminantes que son emitidos a la atmósfera por diversas fuentes, ya sean éstas antropogénicas o naturales.

Las principales fuentes antropogénicas de emisión son:

Las fuentes fijas definidas generalmente como las fuentes estacionarias de algún contaminante específico (*v. gr.* toneladas anuales de monóxido de carbono). En la práctica una fuente puntual es un grupo de unidades de emisión (calderas, solventes, etc.) dentro de una planta industrial, para la que se mantienen registros individuales por fuente.

Las fuentes móviles que incluyen automóviles, camiones, trailers y motocicletas, y en general todo vehículo de combustión interna que se utilice para el transporte de personal y carga en los caminos y carreteras del país (*On road vehicles*).

Las fuentes móviles representan uno de los componentes más importantes del inventario de emisiones; en la Ciudad de México y en Monterrey [6, 7] las fuentes móviles contribuyen con cerca del 70 % del total de contaminantes emitidos a la atmósfera.

En la ciudad de Chihuahua, así como en otras ciudades del país, los vehículos representan problemas adicionales, ya que una gran cantidad de ellos se encuentran en proceso de regularización y no se encuentran contabilizados en los registros de tránsito; aún más, debido a la complicaciones del proceso de regularización, tampoco existen registros en las asociaciones que representan a los propietarios de tales vehículos.

En varias ocasiones se ha intentado iniciar un programa de inspección y mantenimiento (Verificación vehicular), pero debido a que en la ciudad circulan numerosos vehículos de procedencia extranjera estas iniciativas se han visto frustradas.

En 1999 se realizó un censo general de vehículos *chuecos*, y los resultados indican que este tipo de vehículos alcanzan el 49% del parque vehicular del estado.

Es de suponer, debido a lo anterior, que en la ciudad de Chihuahua la contribución al inventario de emisiones por parte de las fuentes móviles sea similar o aún mayor que la que se tiene para ciudades como Monterrey y la Ciudad de México, cuyos inventarios parciales se presentan en las tablas 1.1 y 1.2. En ambos casos se ha omitido la contribución de los suelos a la emisión de partículas, por lo que sólo se encuentran representadas las contribuciones correspondientes a las fuentes fijas y móviles de cada ciudad.

Tabla 1.1: Inventario de emisiones de la Ciudad de México 1994 (toneladas)

^a	Partículas	SO ₂	CO	NO _x	HC
Fuentes Fijas	7 434	33 268	9 643	36 859	470 438
Fuentes Móviles	18 843	12 200	2 348 498	91 787	555 321
Total	26 277	45 468	2 358 141	128 646	1 025 759

^aFuente: Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995–2000, SEMARNAP, 1996.

Tabla 1.2: Inventario de emisiones de Monterrey 1995 (toneladas)

^a	Partículas	SO ₂	CO	NO _x	HC
Fuentes Fijas	45 962	27 997	3 289	19 007	42 238
Fuentes Móviles	5 941	2 469	904 473	34 268	83 137
Total	51 903	30 466	907 762	53 275	125 375

^aFuente: Programa de Administración de la calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997–2000, SEMARNAP, 1997.

Los contaminantes que emiten los vehículos provienen de diferentes procesos (Ver figura 1.1). Las que se consideran con más frecuencia son las que salen por el escape del automotor, que resultan de la combustión de la gasolina, diesel o gas L.P. Los contaminantes que salen por el escape incluyen: Hidrocarburos, CO, NO_x, SO_x, PM, sustancias tóxicas (*v. gr.* 1,3–butadieno, benceno, formaldehído, etc.) y sustancias que forman aerosoles y reducen la visibilidad (*V. gr.* amoníaco, sulfatos, PM_{2.5}, etc.).

Además de las emisiones del escape, se llevan a cabo diferentes procesos evaporativos en los vehículos. En general, las emisiones evaporativas sólo incluyen hidrocarburos. Las emisiones incluyen:

Emisiones durante el enfriamiento: Las emisiones que ocurren debido a la volatilización del combustible del carburador después de que se ha apagado el vehículo. El calor residual del motor evapora el combustible.

Emisiones de fugas: Las emisiones evaporativas de fugas de vapor o líquido mientras que el motor está en operación.

Emisiones de recarga de combustible: Las emisiones evaporativas que salen del tanque de combustible mientras se recarga. Aún cuando el vehículo es la fuente, la emisión ocurre mientras el vehículo está dentro de un espacio determinado con anterioridad, tal como las gasolineras. Las gasolineras se manejan típicamente como fuentes de área y no se incluyen en la metodología de inventario de fuentes móviles.

Emisiones diurnas: Las emisiones del tanque de gasolina debido a las temperaturas en

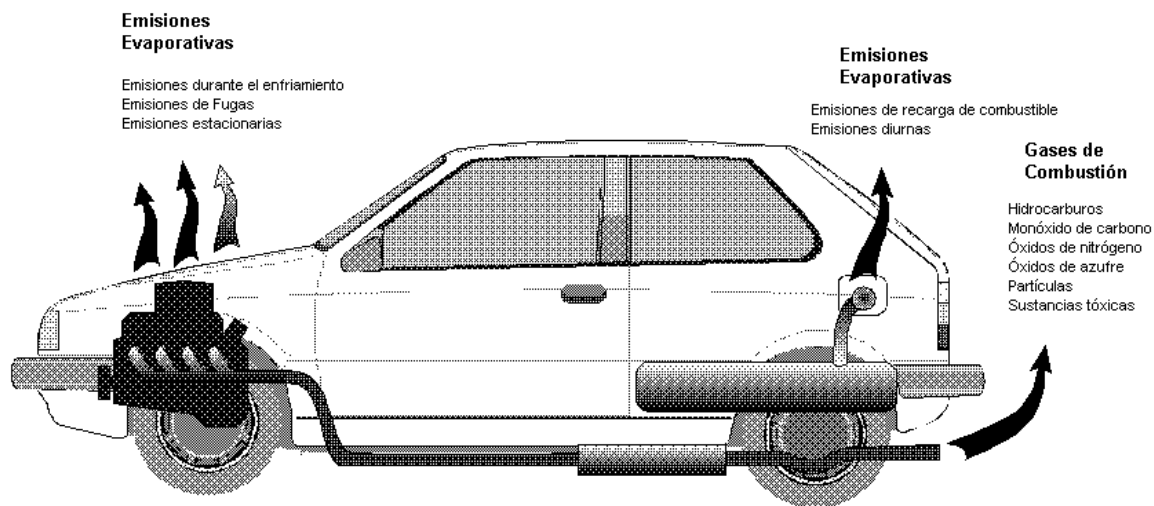


Figura 1.1: Rutas de emisión en un vehículo^a

^aFuente: Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Vol. IV, Radian International, 1997.

el seno del combustible y a la presión de vapor del mismo. Esto es consecuencia del aumento general de la temperatura ambiente o de la incidencia de los rayos solares sobre el vehículo.

Emisiones estacionarias: Las emisiones evaporativas que no pueden ser incluidas en los apartados anteriores se encuentran en este grupo, y se deben, en su mayoría, a fugas del tanque de gasolina y al paso de vapor a través de mangueras permeables.

1.2 Objetivo

Esencialmente se tienen dos objetivos:

- Obtener un inventario de emisiones de fuentes móviles para la Ciudad de Chihuahua, inicialmente partiendo de modelos simplificados (como el balance de materiales) hasta llegar a modelos complejos como Mobile5a, y comprobar la validez de su aplicación comparando con aproximaciones obtenidas mediante mediciones en campo de los gases del escape de fuentes móviles.
- Desarrollar una metodología para determinar la cantidad de vehículos, marcas y modelos, así como para recopilar los datos inherentes a la flota vehicular de Chihuahua.

2

Contaminación del aire y fuentes móviles

Con objeto de evaluar la calidad del aire en diversas ciudades y países así como realizar comparaciones sobre los niveles de contaminación, se determinó que cinco contaminantes fueran elegidos, de entre miles de sustancias que se encuentran en nuestra atmósfera, como los indicados para correlacionar sus niveles en la atmósfera con el estado general de calidad del aire de un área determinada.

La medición de cada uno de estos contaminantes se debe realizar siguiendo el método de referencia específico descrito en la norma NOM-047-ECOL-1993. Los contaminantes criterio se emplean actualmente en la mayor parte de los países para las regulaciones correspondientes a los programas de manejo y monitoreo atmosférico. En México son: monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el bióxido de azufre (SO_2), las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O_3). En Estados Unidos y en la Comunidad Europea también se incluye al plomo (Pb); en ésta última también se consideran los hidrocarburos dentro de los contaminantes criterio, ya que son, junto con los óxidos de nitrógeno, precursores de ozono.

Al limitar la clasificación de contaminantes criterio, también se reconoce que existen contaminantes atmosféricos que no se encuentran incluidos dentro de este grupo, y cuya correlación con ellos no es tan estrecha como para asumir que una vez controlados unos, lo serán los otros. La potencialidad tóxica de otros contaminantes atmosféricos ha sido demostrada en sistemas humanos y/o animales, y se ha observado que pueden provocar malformaciones genéticas y cáncer, entre otras enfermedades; por lo que se les denomina de manera general *contaminantes tóxicos*.

2.1 Los contaminantes y su regulación

Las normas nacionales establecen los límites descritos en la tabla 2.1 para los contaminantes criterio. En general estos límites son rebasados de manera constante en ciudades como Monterrey, Guadalajara y la Ciudad de México [6, 7, 8], debido a que el trabajo de administración de la calidad del aire en esas ciudades se inició cuando el problema de contaminación y de acelerado crecimiento de las ciudades ya estaba avanzado.

Tabla 2.1: Límites de calidad del aire en México

<i>a</i> Contaminante	Valores límite		
	Exposición aguda	Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	—
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas)	1 vez al año	—
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	—
Partículas suspendidas totales (PST)	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)	1 vez al año	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media aritmética anual)
Partículas fracción inhalable (PM10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)	1 vez al año	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media aritmética anual)
Plomo (Pb)	—	—	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (prom. arit. en 3 meses)

^aFuente: Normas NOM-020,021,022,023,024,025 y 026-SSA1-1993 publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994

2.2 Operación de los motores

Los vehículos automotores se desplazan principalmente mediante motores basados en uno de los tres tipos de combustión interna. El tipo más común es el ciclo de cuatro tiempos con encendido por bujías, que se usa principalmente para automóviles y camionetas ligeras.

El siguiente más común es el ciclo de cuatro o dos tiempos de ignición por compresión, comúnmente denominado motor diesel. Este tipo de combustión se utiliza en camiones pesados, autobuses, locomotoras y barcos; y finalmente el tercer tipo es la turbina de gas, que no tomaremos en cuenta ya que no se utiliza en fuentes móviles.

El ciclo básico de un motor de cuatro tiempos tiene las siguientes etapas:

Admisión: El pistón descendente succiona una mezcla de gasolina y aire dentro del cilindro a través de la válvula de admisión.

Compresión: El pistón que se eleva comprime la mezcla aire-combustible. Casi al llegar al punto de máxima elevación la bujía emite una chispa que enciende la mezcla.

Expansión: La mezcla incendiada se expande y desplaza el pistón hacia abajo entregando potencia.

Escape: La válvula de escape se abre y el pistón se eleva, empujando los gases de combustión fuera del cilindro.

La mezcla aire combustible se prepara en el carburador. Esta mezcla se caracteriza por la relación aire-combustible, que es el peso de aire por unidad de peso de combustible. Las mezclas con bajas relaciones aire-combustible se denominan *mezclas ricas*, mientras que las que tienen relaciones altas son llamadas *mezclas pobres*. Cuando un automóvil acelera se requiere una mezcla más rica que cuando el automóvil está estacionario. Esta mezcla aire combustible también es una de las variables que interviene en la formación de contaminantes.

En un motor diesel el combustible y el aire no se mezclan sino hasta que se encuentran dentro del cilindro. Se succiona aire a través de la válvula de admisión, y durante la compresión a alta temperatura se inyecta combustible en forma de neblina a alta presión y en cantidades precisas. Conforme el pistón alcanza el punto de máxima altura, la alta presión y temperatura provocan que la mezcla se incendie sin requerir de una chispa. El tiempo de ignición está controlado mediante la inyección controlada de combustible por ciclo. La mezcla aire-combustible es, generalmente, más pobre en un motor a diesel que en un motor a gasolina.

2.3 Emisiones contaminantes

El tipo y la cantidad de las emisiones del escape de un motor de combustión interna depende de muy diversos factores, entre los que se incluyen los siguientes:

1. Relación aire-combustible.
2. Tiempo de ignición.
3. Relación de compresión.
4. Geometría de la cámara de combustión.
5. Velocidad (o revoluciones) del motor.

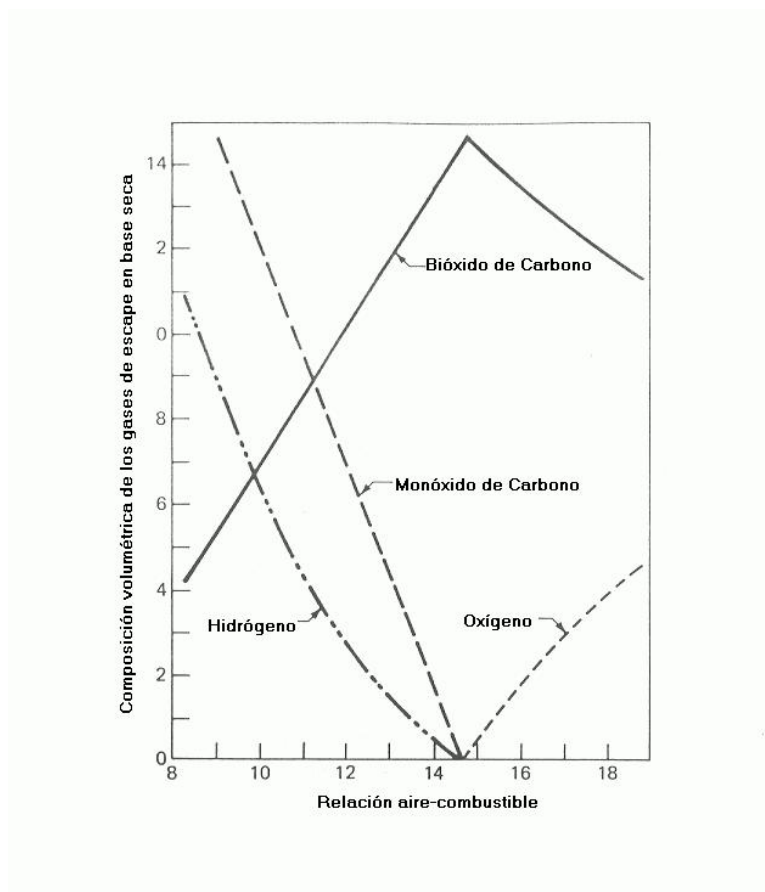


Figura 2.1: Gases emitidos en función de la relación aire combustible^a

^aFuente: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John H. Seinfeld, 1986.

6. Tipo de combustible.

7. Temperatura del aire.

La figura 2.1 muestra la relación de los productos de combustión con la variable más determinante en la emisión de contaminantes: la relación aire-combustible. La combustión de mezclas ricas favorece la formación de CO, así como la presencia de hidrocarburos no quemados en los gases de escape. Por otra parte en mezclas pobres se reduce considerablemente la formación de estos compuestos. Sin embargo si la mezcla es muy pobre, por encima de una relación aire-combustible de 17, la mezcla puede no arder adecuadamente, provocando una combustión deficiente y que grandes cantidades de combustible pasen sin haberse consumido.

La relación aire combustible es función de la velocidad de manejo, por lo que las emisiones del escape también resultan ser función del modo de manejo. La tabla 2.2 muestra la composición típica de los gases del escape en función del modo de manejo para un vehículo sin accesorios anticontaminantes en los Estados Unidos.

Tabla 2.2: Emisiones del escape en función del modo de operación.

Contaminante ^a	Ralentí	Aceleración	Crucero	Desaceleración
Monóxido de Carbono (%)	4–9	0–8	1–7	2–9
Hidrocarburos, ppm	500–1 000	50–800	200–800	3 000–12 000
Óxidos de Nitrógeno, ppm	10–50	1 000–4 000	1 000–3 000	5–50

^aFuente: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John H. Seinfeld, 1986

2.3.1 Monóxido de carbono

Cuando el vehículo se encuentra en “marcha lenta en vacío” o ralentí (con el motor encendido sin aceleración) la mayoría de los motores requieren mezclas ricas para compensar los productos residuales en el cilindro. Por ello las emisiones de CO son mayores durante la marcha lenta en vacío. Al desacelerar, queda combustible residual en el cilindro, lo que produce altos niveles de hidrocarburos no quemados. La concentración de CO aumenta conforme disminuye la relación aire–combustible, de manera que la concentración de CO llega al máximo durante la marcha lenta en vacío y durante la desaceleración. Las demandas súbitas de potencia, como durante la aceleración, también producen niveles altos de CO comparados con las demandas moderadas de potencia como durante la marcha de crucero en la que la producción de CO llega a un mínimo.

2.3.2 Hidrocarburos

Las emisiones de hidrocarburos provienen del carter, de emisiones evaporativas y emisiones del escape.

Las emisiones del carter (en la actualidad ya eliminadas) son causadas por el escape de gases del cilindro durante la compresión y la explosión. Los gases se fugan entre el pistón y las paredes del cilindro hasta llegar al carter. Las emisiones aumentan conforme aumenta el flujo de aire, esto es durante condiciones de alta carga. Los gases que se emiten por el carter son una mezcla de aproximadamente 85 por ciento de la carga original y un 15 por ciento de productos del escape. Ya que estos gases son en su mayor parte la mezcla carburada aire–combustible, los hidrocarburos son los principales contaminantes. La concentración de hidrocarburos en los gases de desfogue va de 6 000 a 15 000 ppm. Las emisiones aumentan conforme a la edad del vehículo y conforme disminuye la efectividad del sello entre el cilindro y la pared. Las emisiones de desfogue del carter fueron las primeras emisiones en ser controladas, y desde los modelos 1967 (1963 en los Estados Unidos) estas emisiones se consideraron totalmente controladas. El control se consigue recirculando el gas de desfogue del carter a la entrada del aire que se quema en los cilindros.

Las emisiones evaporativas provienen del tanque de combustible y del carburador. Las

perdidas de combustible del tanque de gasolina provienen del desplazamiento de vapores cuando se carga combustible. Obviamente las pérdidas por evaporación dependen de la composición del combustible y de su temperatura, y las pérdidas serán mayores si el tanque de combustible está expuesto a altas temperaturas ambientales por periodos prolongados de tiempo. La cantidad de vapor que se expelle es igual al volumen de combustible agregado cuando se agrega combustible.

La evaporación de combustible del carburador sucede principalmente durante el periodo que sigue al apagado del motor. Durante la operación, el carburador y el combustible dentro del carburador se encuentran a la temperatura del aire bajo el cofre. Pero el flujo de aire se detiene cuando se para el motor; y es entonces cuando la carcasa del carburador absorbe calor del motor, provocando temperaturas de combustible que alcanzan los 30 a 35 °C por encima de la temperatura ambiente. La gasolina evaporada escapa a través del carburador y se ventea a la atmósfera. Las emisiones en esta condición se denominan emisiones durante el enfriamiento. La cantidad y la composición de los vapores dependen de la volatilidad del combustible, de la capacidad volumétrica del carburador y de la temperatura del motor antes de apagarlo. Normalmente se pueden emitir cerca de 10 g de hidrocarburos durante el enfriamiento. Las evaporaciones conjuntas del tanque de combustible y del carburador forman alrededor del 20 por ciento de las emisiones de hidrocarburos provenientes de vehículos sin accesorios anticontaminantes.

La volatilidad de la gasolina es el factor principal en las emisiones evaporativas. La medición de la volatilidad se determina empíricamente como *Presión de vapor de Reid*, que es un valor compuesto que refleja los efectos acumulativos de las presiones de vapor de los diferentes constituyentes de la gasolina. Este valor da una medida de la rapidez con la que la gasolina se puede vaporizar para formar una mezcla combustible a bajas temperaturas, y también un indicador de la tendencia de la gasolina a evaporarse. En una mezcla de hidrocarburos compleja, tal como la gasolina, las moléculas de más bajo peso molecular son las que tiene la mayor tendencia a evaporarse y por ello contribuyen más a la presión de vapor total que el resto de los constituyentes pesados. Conforme se le eliminan compuestos de bajo peso molecular, la presión de vapor del combustible disminuye. La presión de vapor de la gasolina depende entonces, de la vaporización de ésta durante la prueba. La determinación de presión de vapor de Reid es una prueba estándar a 43.33 °C, en el que la relación de volumen de vapor a volumen de líquido se mantiene constante (4:1) de manera que la vaporización sea siempre la misma. Por ello la presión de vapor de Reid para varios combustibles puede ser utilizada como una medida comparativa de su volatilidad. La volatilidad, y las pérdidas evaporativas, aumentan conforma aumenta la presión de vapor de Reid.

En principio las emisiones evaporativas pueden ser reducidas disminuyendo la volatilidad de la gasolina; sin embargo, un descenso en la volatilidad del combustible por debajo del rango de presión de vapor de Reid de 8 a 12, comúnmente usada en climas templados, requeriría modificaciones de diseño en el carburador y en el múltiple. A la luz de los costos de las modificaciones mecánicas con la reducción de la volatilidad, las técnicas de control se han basado en cambios de diseño. Dos métodos de control de emisiones evaporativas son el sistema de recuperación de vapor y el sistema de regeneración-absorción. En el sistema de

recuperación de vapor se usa el carter como tanque de almacenamiento para vapores que provienen del tanque de combustible y del carburador. En el sistema adsorción–regeneración, un canister de carbón activado colecta el vapor y lo retiene hasta que puede ser alimentado nuevamente en el múltiple de entrada para ser quemado.

Hay tres regiones en la cámara de combustión en la que puede ocurrir una combustión incompleta:

1. Regiones ricas en combustible en el seno del gas
2. Grietas (*v. gr.* entre el pistón y la pared del cilindro)
3. En las paredes

En relación a la combustión en las paredes, existen fotografías que muestran que la flama no se extiende hasta la pared del cilindro. Los estudios de emisión han mostrado de manera generalizada, que la emisión de hidrocarburos aumenta conforme se aumenta la razón de la superficie del cilindro contra el volumen. Basados en esta evidencia se han planteado teorías acerca de que la relativamente fría pared inhibe la combustión completa dentro de la capa laminar que la cubre, por tanto contribuye de manera significativa a la emisión de hidrocarburos por el escape.

Sin embargo existe cierta evidencia experimental que parece indicar que la difusión del combustible de las paredes hacia la flama, y de los radicales libres de la región de la flama a las paredes es suficientemente rápida como para promover la combustión en las paredes. La correlación entre el aumento de la razón superficie a volumen del cilindro, y el aumento en los hidrocarburos del escape puede ser provocado por la absorción del combustible en la capa de aceite y los depósitos de carbón de las paredes del cilindro. La absorción protegería a los hidrocarburos de incendiarse, y posteriormente, durante el tiempo de expansión, el combustible sería desorbido y emitido por la válvula de escape.

2.3.3 Partículas y NO_x

Las partículas, formadas de carbón, cenizas metálicas e hidrocarburos son emitidas por el escape de los motores de combustión interna. Las cenizas metálicas provienen de compuestos antidetonantes en el combustible, lubricantes metálicos, aditivos para el aceite y partículas provenientes del desgaste del motor ¹. Las partículas de carbón y los aerosoles de hidrocarburos son resultado de procesos incompletos de combustión y de aceite que pasa del carter a la cámara de combustión a través de los anillos de los cilindros.

Algunas de las partículas en el escape se generan durante el proceso de combustión y forman núcleos que van creciendo en el sistema de escape hasta que son emitidas a la atmósfera. Por otra parte la cantidad y naturaleza de las emisiones de partículas de los automóviles está influenciada por diferentes procesos físicos y químicos, lo que hace que la descripción completa de los mecanismos de formación de éstas resulte por demás complicado. Diversos factores, tales como el modo de operación del vehículo, la edad y el kilometraje y

¹Tradicionalmente se usaba el tetraetilo de plomo, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$. Sin embargo su uso se ha visto eliminado casi totalmente con la introducción de las nuevas gasolinas al mercado nacional

el tipo de combustible son determinantes en la composición y masa total de las emisiones de partículas por el escape.

Ya que la emisión de NO es favorecida por las altas temperaturas, es obvio que el NO se forma principalmente en el seno de los gases de combustión en el cilindro.

La figura 2.1 compara las concentraciones de NO, CO e hidrocarburos en función de la razón aire combustible para un automóvil típico. En ella podemos ver que, junto con los hidrocarburos y el CO, la cantidad de NO que se forma depende de la relación aire combustible del vehículo, y a su vez esta última depende del modo de operación del mismo. Las emisiones de NO bajo diversos modos de operación se mostraron en la tabla 2.2. Las concentraciones son máximas durante la aceleración y en marcha de crucero, y las emisiones son máximas durante la aceleración debido al gran volumen de gases producidos. A bajas razones aire-combustible, la cantidad de O₂ y la temperatura de la flama son bajas, produciendo bajas emisiones de NO. Conforme aumenta la razón aire-combustible, también aumenta el nitrógeno y oxígeno disponible, la temperatura de la flama y la concentración de NO. Sin embargo, conforme la relación aire-combustible aumenta por encima de 16, la temperatura de la flama y el NO comienzan a disminuir debido a la dilución de la mezcla de combustión con el aire en exceso.

Resumiendo, los datos experimentales muestran que las modificaciones en las condiciones que aumentan la temperatura máxima, o la concentración de oxígeno en los gases de combustión, también aumenta la concentración de NO en éstos gases. Adicionalmente, se ha encontrado que los niveles de NO están más cerca de sus concentraciones de equilibrio dentro del cilindro que a las condiciones de salida del escape.

El proceso responsable de la producción de hidrocarburos y óxido nítrico se lleva a cabo de la siguiente manera: La mezcla de aire-combustible es comprimida e incendiada por la bujía, lo que provoca que la flama se propague a través del cilindro. Conforme la flama se aproxima a las paredes, que están relativamente frías, la flama se extingue, dejando probablemente una delgada capa de combustible no quemado o absorbido en las paredes y en los espacios entre el pistón y el cilindro. Durante la propagación de la flama el NO se forma por la reacción química de los gases recién incendiados. Conforme el pistón baja, las temperaturas de los diferentes elementos quemados disminuye notablemente, “congelando” el NO (las reacciones químicas que consumirían el NO se vuelven mucha más lentas) a los niveles formados durante la combustión, niveles muy por encima de los correspondientes al equilibrio a la temperatura del escape. Conforme la válvula se abre, en el ciclo de escape, los gases que contienen el NO salen arrastrando con ellos los hidrocarburos de las paredes. Es a estos procesos a los que debemos prestar atención si queremos disminuir la formación de NO e hidrocarburos en el cilindro.

2.4 Estrategias de control

La magnitud de las emisiones contaminantes de los vehículos automotores es variable a diferentes tiempos, y depende del porcentaje de tiempo en el que el vehículo se opera en diferentes modos de manejo. El cambio de modo depende de los hábitos de manejo, del tipo de la calle en la que se opera el vehículo y del grado de congestionamiento de la calle. También

afectan la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, las condiciones del carro, el tamaño y otros factores.

Debido a todos estos factores, las emisiones del escape de los vehículos dependen de las condiciones del vehículo así como de su modelo y año. El enfoque clásico para la especificación de velocidades de emisión es lo que se ha dado en llamar “viaje típico”, es decir un viaje representativo de los hábitos promedio de la población (frecuentemente un área urbana). El viaje, comúnmente denominado *ciclo de manejo*, se compone de una serie de modos de manejo (arranque, aceleración, desaceleración, etc.), en los que los vehículos pasan más o menos tiempo en cada una de las etapas del ciclo. Este ciclo de manejo es formulado, en principio, “escogiendo” un cierto número de vehículos en un día particular y analizando sus viajes de acuerdo a la secuencia de los diferentes modos de manejo y el tiempo que se ocupa en cada uno de ellos. Una vez que el ciclo de manejo se ha determinado, se obtiene un estándar de velocidad de emisión corriendo una muestra representativa de vehículos variando las edades y modelos a través del ciclo en una prueba estacionaria (Con cargas en dinamómetros) y midiendo sus emisiones. La tabla 2.3 muestra los estándares de emisión para los Estados Unidos [9].

Tabla 2.3: Normas de Emisión USA ($\frac{g}{Km}$)^a.

	Automóviles	Vehículos medianos	Vehículos Pesados
Monóxido de Carbono	3.4	17	17
Hidrocarburos	0.41	0.9	0.9
Óxidos de Nitrógeno (como NO _x)	1.0	2.0	2.0

^aFuente: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John H. Seinfeld, 1986

Para el caso de México, los estándares están establecidos en base a valores de concentración. Los niveles máximos permisibles de emisión provenientes del escape de los automóviles y camiones comerciales en circulación, en función al año-modelo, son los establecidos en la tabla 9.

2.5 Regulación específica para fuentes móviles

A continuación se listan las normas relacionadas que, en conjunto, limitan la contaminación por fuentes móviles, así con el campo de aplicación de cada una. Entre ellas se encuentran aquellas que establecen límites de emisión para vehículos por tipo de combustible y por peso, así como los métodos de medición de cada uno de los contaminantes regulados y las características de los equipos de medición. Un notable hecho es la existencia de regulación

Tabla 2.4: Límites de emisión para vehículos en México^a.

Año-Modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido	Oxígeno	Dilución	
	(HC) (ppm)	de carbono (CO %Vol.)	(Máx) (O ₂ %Vol.)	Min.	Máx.
				(%Vol.)	(%Vol.)
1979 y ant.	700	6.0	6.0	7.0	18.0
1980-1986	500	4.0	6.0	7.0	18.0
1987-1993	400	3.0	6.0	7.0	18.0
1994 y post.	200	2.0	6.0	7.0	18.0

^aFuente: NOM-041-ECOL-1996

para la emisión de ruido y la referente a la recuperación de vapores de hidrocarburos en las gasolineras.

Este cuerpo de normas establece un marco desde el cuál se puede comparar el cumplimiento en materia contaminación por fuentes móviles de una región a otra del país.

NOM-041-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-042-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y con peso bruto vehicular de 400 a 3 857 kilogramos.

NOM-044-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kilogramos.

NOM-045-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-047-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece las características del equipo y el procesamiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-048-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo provenientes del escape

de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina–aceite como combustible.

NOM-049-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina–aceite como combustible.

NOM-050-ECOL/1993 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-076-ECOL-1995 Norma Oficial Mexicana que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kilogramos nuevos en planta.

NOM-077-ECOL-1995 Norma Oficial Mexicana que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-079-ECOL-1994 Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.

NOM-080-ECOL-1994 Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos en circulación y su método de medición.

NOM-082-ECOL-1994 Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.

NOM-086-ECOL-1994 Norma Oficial Mexicana, Contaminación Atmosférica. Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

NOM-092-ECOL-1995 Norma Oficial Mexicana que regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y autoconsumo ubicadas en el Valle de México.

NOM-EM-102-ECOL-1995 Norma Oficial Mexicana de Emergencia, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape

de los vehículos automotores en circulación en el Valle de México que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural, etanol y/o metanol, así como las posibles combinaciones de éstos con gasolina y/o diesel.

3

Panorama general de la zona urbana de Chihuahua

La ciudad de Chihuahua es la segunda ciudad más grande del estado, y debido a su posición como capital, sus condiciones ambientales revisten especial importancia.



Figura 3.1: La ciudad de Chihuahua en el país

3.1 Aspectos geográficos y sociodemográficos

La zona urbana de Chihuahua se encuentra localizada a los veintiocho grados treinta y ocho minutos de latitud norte y a los ciento seis grados cuatro minutos longitud este. Su altura promedio sobre el nivel del mar es de mil cuatrocientos cuarenta metros.

El clima de la región está considerado como seco semicálido [10], la precipitación anual es de alrededor de cuatrocientos milímetros de agua. Debido a las bajas temperaturas que se alcanzan durante las noches de invierno, es frecuente que durante esa estación se presenten inversiones térmicas de larga duración.

La población del municipio es de 627 662 personas de acuerdo a los datos del INEGI [10].

3.1.1 Población

El ritmo de crecimiento de la población en el estado ha venido disminuyendo en las últimas décadas. De un ritmo de crecimiento del 5 % anual a un ritmo del 2.2 % anual en la última década. Los datos de los censos de 1990 y 1995 se encuentran en la tabla 10.

Tabla 3.1: Población en la ciudad de Chihuahua^a

Año	Población
1990	530 783
1995	627 662

^aFuente: Cuaderno Estadístico Municipal Chihuahua. INEGI
1997

3.2 Población vehicular

De acuerdo a datos recientes, en la ciudad se cuenta con los vehículos a los que se hace referencia en la tabla 11.

3.2.1 Vehículos *chuecos*

Entre los valores reportados por recaudación de rentas no se encuentran considerados los vehículos que han sido internados al país de manera ilegal. Algunos valores aproximados que manejan autoridades del Departamento de Tránsito de la ciudad es de 30 a 40 mil vehículos en estas condiciones.

De acuerdo a datos de recaudación de rentas publicados en el Diario de Chihuahua [11] en la ciudad de Chihuahua se censaron 70 346 unidades, en tanto que la cantidad de autos nacionales asciende a 106 676. Estos valores son más confiables que los que se obtuvieron en el estudio mediante encuestas, desgraciadamente los resultados de este censo no se encuentran disponibles a la fecha.

Tabla 3.2: Vehículos que circulan en la ciudad de Chihuahua^a

Tipo de Vehículo	Uso		
	Oficial	De alquiler	Particular
Camiones para pasajeros	1 720	481	56
Camiones de carga	7	898	53 677
Automóviles	1 173	1, 009	101, 885

^aFuente: Dirección General de Finanzas y Administración de Gobierno del Estado. Departamento de Control y Evaluación de Recaudaciones. Marzo 31 de 1997.

La falta de registros de los vehículos *chuecos* provoca numerosas dificultades para que se establezcan las características de todo el parque vehicular de la ciudad. En el capítulo 5 se describe la metodología empleada para la estimación de éstos datos para el presente estudio.

3.2.2 Red vial

La ciudad de Chihuahua cuenta con diferentes rutas de acceso, que la comunican con las principales ciudades del estado y la incluyen en los corredores industriales de nuestro país. Como se muestra en la figura 12 la mancha urbana está firmemente ligada a la red vial construida.

3.3 Verificación vehicular

Aún a pesar de que el estado cuenta con los atributos suficientes para implantar un programa de verificación vehicular, esto fue una tarea que se vino posponiendo por la problemática que representa el cumplimiento de los vehículos *chuecos*. Sin embargo se han realizado a la fecha varios esfuerzos.

El primero de ellos fue la verificación ambiental voluntaria, que funcionó durante 1992 y 1993; sin embargo el pobre éxito obtenido en la recolección de datos y la poca utilidad que tuvo como instrumento de gestión fue la razón por la que se decidió suspender de manera indefinida el programa de verificación en la ciudad.

En 1996 el Gobierno del Estado a través de su departamento de Ecología realizó una serie de análisis a diversos tipos de vehículos. Considerando las normas establecidas para los límites de emisión se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 3.3.

En cada caso se inspeccionaron 895 automóviles de alquiler, 441 autobuses urbanos, 159 unidades materialistas, 656 vehículos oficiales y 624 vehículos particulares. Estos datos pueden arrojar cierta luz sobre el posible comportamiento de un programa de verificación vehicular.

En 1998, bajo la presidencia del Dr. Ramos Becerra se propuso nuevamente la introducción de un programa de verificación vehicular, sin embargo a pesar de las gestiones realizadas



Figura 3.2: Red vial de la ciudad^a

^aFuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1994

Tabla 3.3: Resumen de inspección 1996^a

Tipo de Vehículo	Aprobado en 1 ^a oportunidad	Aprobado en 2 ^a oportunidad	No aprobado
Autos de alquiler	37%	39%	24%
Autobús urbano	71%	3%	26%
Materialistas	35%	—	65%
Oficiales	51%	—	49%
Particulares	47%	—	53%
Promedio ponderado ^b	47.8%	—	52.2%

^aFuente: Departamento de Ecología. Gobierno del Estado de Chihuahua.

^bPara este promedio los vehículos que pasaron en una segunda oportunidad se consideran como vehículos no aprobados, en virtud de que esas son las condiciones en las que circulan de manera regular

este programa nunca fue arrancado.

3.4 Inventarios previos

En la ciudad de Chihuahua el departamento de Ecología de Gobierno del Estado realizó en 1997 una primera aproximación a un inventario de emisiones mediante la utilización de MOBILE5 y datos específicos de la localidad. El resultado de este inventario se puede ver en la tabla 3.4. En vista de que fue una estimación preliminar se presentan numerosas diferencias con respecto a esta investigación, las principales son que se supuso que la cantidad de vehículos que circulan ilegalmente en la ciudad es de 30 000, y que cada vehículo recorre 25 kilómetros diarios en promedio.

Tabla 3.4: Inventario Gobierno del Estado 1997^a

Contaminante	Inventario Gobierno 1997
Hidrocarburos	7.8 Ton/día
CO	91.4 Ton/día
NO _x	12.3 Ton/día

^aFuente: Comunicación personal Ing. Jorge González, Departamento de Ecología, Gobierno del Estado

4

Métodos de estimación utilizados

En fechas recientes se ha venido acrecentando el interés en el país por la realización de inventarios de emisiones, prueba de esto es el gran avance en cuanto a los Programas de Administración de la Calidad del Aire presentados por la SEMARNAP y los gobiernos municipales de las ciudades de Monterrey [7], de la Ciudad de México [6] y de Guadalajara [8].

El Instituto Nacional de Ecología (INE) ha realizado un esfuerzo, desde 1995 para desarrollar, junto con Corporación Radian, los manuales del programa de Inventario de Emisiones. Algunos de éstos ya han sido publicados [3, 4, 5] mientras que otros lo serán en corto plazo. Estos formarán la base para la realización de futuros inventarios dentro de instancias gubernamentales y son extensivamente utilizados dentro de esta investigación.

4.1 Cálculo de emisiones

De manera simplificada las emisiones se calculan multiplicando un factor de emisión por un factor de actividad. Los tres principales factores de actividad en los vehículos son los basados en población vehicular, en el número de kilómetros recorridos por vehículos (KRV) y en el número de veces que se enciende el motor. Los factores de emisión correspondientes estarán en gramos por vehículo, gramos por kilómetro y gramos por encendido. En este caso utilizaremos primordialmente los factores de actividad correspondientes a kilómetros recorridos por vehículos.

$$E_c = KRV \times FE_c \quad (4.1)$$

donde:

E_c	=	Emisiones totales del contaminante “ c ”
KRV	=	Kilómetros recorridos por vehículos, y
FE_c	=	Factor de emisión del contaminante “ c ”

Los KRV representan la distancia total recorrida por toda la población vehicular en un periodo de tiempo determinado.

4.1.1 Contaminantes y estaciones

En las pruebas vehiculares (o verificación vehicular) se miden sólo cuatro gases¹. Los valores de hidrocarburos totales (THC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM). El bióxido de carbono (CO_2) se estima basado en la relación de carbono a combustible. Además de éstos, también se pueden calcular los valores de: Gases orgánicos reactivos (GOR), provenientes de los THC, partículas menores a diez micras (PM10) del valor de PM y el plomo (Pb) y óxidos de azufre (SO_x) de datos de consumo de combustible.

En presencia de luz solar, los GOR y el NO_x reaccionan para producir ozono (O_3). Esta reacción ocurre con mayor frecuencia en verano, gracias a las altas temperaturas y la incidencia de la luz solar. Esto hace del problema del “smog” un problema específico del verano, y provoca que los niveles de O_3 sean máximos en esta temporada[9]. Por otra parte las temperaturas frías provocan el descenso de la altitud de la capa de mezclado e inversiones térmicas recurrentes; por ello las concentraciones de monóxido de carbono alcanzan sus valores máximos en los meses de invierno. Debido a estas situaciones es que PEMEX especifica diferentes tipo de combustible para cada época del año.

4.1.2 Tecnología de control de emisiones

En base a la tecnología de control de emisiones se puede determinar cuáles son las características del parque vehicular de la ciudad. Esto debido a que no se cuenta con estudios particulares para el desarrollo de un modelo específico; sin embargo se cuenta con las adaptaciones de Mobile5 que son Mobile-Juárez[12] y Mobile-Monterrey.

Para esto se cuenta con matrices de equivalencias tecnológicas desarrolladas por Corporación Radian [12] y que se utilizarán en el inventario de emisiones de Chihuahua bajo la suposición de que los parques vehiculares son “Tecnológicamente” similares. Este supuesto se verá corroborado en el siguiente capítulo al revisar los resultados finales de la encuesta.

Las matrices de equivalencia tecnológica que se muestran en las tablas de las páginas siguientes se desglosan por tipo de vehículo y modelo estadounidense equivalente.

Para esta tabla, LDGV son vehículos ligeros a gasolina, LDGT1 son camionetas ligeras a gasolina, LDGT2 son camionetas pesadas a gasolina, HDGV son vehículos pesados a gasolina, LDDV son vehículos ligeros a diesel, LDDT son camionetas ligeras a diesel, HDDV son vehículos pesados a diesel y MC corresponde a motocicletas.

¹Esto en pruebas exhaustivas en dinamómetros, de otra manera sólo se miden tres

Tabla 4.1: Matriz de equivalencia (Emisiones del escape)

Modelo Mexicano	Modelo Equivalente de EU (Descarga)							
	LDGV	LDGT1	LDGT2	HDGV	LDDV	LDDT	HDDV	MC
1971 ²	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1971
1972	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1971
1973	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971
1974	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971
1975	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1976	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1977	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1978	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1979	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977
1980	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977
1981	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979
1982	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979
1983	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980
1984	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981
1985	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981
1986	1982	1982	1982	1982	1982	1982	1982	1982
1987	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983	1983
1988	1984	1984	1984	1984	1983	1983	1983	1983
1989	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986
1990	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986
1991	1988	1988	1988	1988	1988	1988	1988	1988
1992	1989	1989	1989	1989	1989	1989	1989	1989
1993	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
1994	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

²Fuente: Mexico Emissions Inventory Program Manuals. Volume IV.

Tabla 4.1: (continua)

Modelo		Modelo Equivalente de EU (Descarga)						
Mexicano	LDGV	LDGT1	LDGT2	HDGV	LDDV	LDDT	HDDV	MC
1995	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992
1996	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993
1997	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994
1998	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994
1999	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996
2000	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997
2001	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1998

Tabla 4.2: Matriz de equivalencia (Emisiones Evaporativas)

Modelo		Modelo Equivalente de EU (Evaporativo)						
Mexicano	LDGV	LDGT1	LDGT2	HDGV	LDDV	LDDT	HDDV	MC
1971 ³	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968
1972	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1968
1973	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971
1974	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971
1975	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1976	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1977	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1978	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1979	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1980	1976	1976	1976	1976	1975	1975	1975	1975
1981	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977

³Fuente: Mexico Emissions Inventory Program Manuals. Volume IV.

Tabla 4.2: (continua)

Modelo Mexicano	Modelo Equivalente de EU (Evaporativo)							
	LDGV	LDGT1	LDGT2	HDGV	LDDV	LDDT	HDDV	MC
1982	1978	1978	1978	1978	1977	1977	1977	1977
1983	1979	1979	1979	1979	1978	1978	1978	1978
1984	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980
1985	1981	1981	1981	1981	1980	1980	1980	1980
1986	1981	1981	1981	1981	1980	1980	1980	1980
1987	1982	1982	1982	1982	1981	1981	1981	1981
1988	1982	1982	1982	1982	1981	1981	1981	1981
1989	1984	1984	1984	1984	1983	1983	1983	1983
1990	1984	1984	1984	1984	1983	1983	1983	1983
1991	1986	1986	1986	1986	1985	1985	1985	1985
1992	1986	1986	1986	1986	1985	1985	1985	1985
1993	1989	1989	1989	1989	1988	1988	1988	1988
1994	1988	1988	1988	1988	1988	1988	1988	1988
1995	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
1996	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991
1997	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991
1998	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992
1999	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994
2000	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995
2001	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997	1997

4.1.3 Velocidades básicas de emisión

Mobile5 calcula diferentes velocidades básicas de emisión (VBE) para diferentes programas de verificación, dependiendo del modelo seleccionado. Para el caso de Mobile-Juárez se basa en datos de verificación obtenidos en los Estados Unidos y para el Mobile-Monterrey se cuenta con datos para centros de verificación del tipo BAR-90 (Computerized Test & Repair).

Las velocidades básicas de emisión se obtienen a partir del análisis de los valores obtenidos en Centros de Verificación [13] y a partir de estos datos surgen valores que se denominan “velocidades de deterioro”. Conforme un vehículo envejece, es decir conforme su odómetro tiene mayor kilometraje, las emisiones se incrementan. Estas relaciones ya han sido determinadas y se encuentran descritas en el Manual de Mobile5 [14].

Existen ecuaciones de VBE para cada tipo de vehículo, tecnología, modelo, contaminante y programa de verificación, por lo que estos datos también requieren ser entradas al modelo. Para el caso de Mobile Juárez y Mobile Monterrey estas ecuaciones ya han sido especificadas.

4.1.4 Factores de corrección

La ecuación general para el cálculo de factores de emisión

$$FE = [VBE \times FC_T \times FC_v \times FC_{comb} \times FC_{manejo} \times FC_{Altos Emisores}] \quad (4.2)$$

donde:

FE:	Factor de emisión
VBE:	Velocidad básica de emisión
FC _T :	Factor de corrección por temperatura
FC _v :	Factor de corrección por velocidad
FC _{comb} :	Factor de corrección por combustible
FC _{manejo} :	Factor de corrección por modo de manejo
FC _{Altos Emisores} :	Factor de corrección por altos emisores

Los valores de las VBE sólo reflejan un pequeño conjunto de las variables que influyen en la cantidad de contaminantes emitidos por un vehículo. Por ejemplo el análisis de VBE sólo se restringe a los modos de manejo del procedimiento de pruebas federal (FTP por sus siglas en inglés) a 75 °F de temperatura ambiente. Es por esto que se requiere de factores de corrección para emisiones que se encuentran fuera de estos parámetros si se desea obtener una mejor aproximación de las cantidades de contaminantes emitidas bajo más amplias condiciones [13]. Los cinco factores que se listaron son los más ampliamente usados y se emplean también en Mobile5.

Debido a que en México las pruebas de verificación vehicular no se realizan con carga variable, no es posible obtener datos útiles para alimentar al modelo Mobile5 partiendo sólo de datos de verificación.

En Ciudad Juárez, Monterrey y Aguascalientes se han realizado pruebas con carga variable a vehículos, esto con la finalidad de recolectar información que pueda ser alimentada al Mobile5.

Factor de corrección por temperatura

Cuando se prueban vehículos bajo el FTP, la temperatura ambiente promedio es de 75 °F. Ya que la emisión de contaminantes varía con la temperatura [9] se realizaron pruebas para cuantificar la sensibilidad de las emisiones a la temperatura. A partir de estos datos se desarrollaron factores de corrección que son empleados en el modelo.

Factor de corrección por velocidad

Ya que el FTP sólo representa un modo de manejo de alrededor de 25.7 km/hr, se han realizado pruebas en diferentes ciclos de manejo para contabilizar las emisiones bajo otras condiciones de carga y velocidad. Estas pruebas son denominadas “Ciclos de corrección por velocidad”. En el estado de California se utilizan alrededor de 12 ciclos de corrección cuyas velocidades van desde 5 hasta 105 km/hr [13].

Factor de corrección por combustible

La composición de combustible en nuestro país es regulada por PEMEX y la Secretaría de Energía. Los cambios de combustible más representativos fueron aquellos que eliminaron el Tetraetilo de Plomo y lo sustituyeron con Metil-terbutil-eter (MTBE). Esta composición se encuentra ya en todas las gasolinas que se venden en el país, y la gasolina con tetraetilo de plomo ha desaparecido del mercado. Sin embargo todavía se cuenta con diferentes tipos de gasolina dependiendo de la estación y la región del país. Esto implica también que se tenga que utilizar un factor de corrección para el combustible; sin embargo aún no se han tipificado estas variaciones para México.

Factor de corrección por manejo

Aún cuando los factores de emisión basados en el FTP se ajustan mediante factores de corrección por velocidad, no todos los modos de manejo están representados. En 1992 [13], en California se realizó un experimento de seguimiento de vehículos sobre 100 diferentes caminos y recorrió 1 120 kilómetros para determinar los modos de manejo. A la luz de los datos recopilados se desarrolló lo que se denomina el “ciclo unificado” Este ciclo representa todos los modos de manejo que se presentan en las calles y carreteras.

El ciclo unificado es la base para corregir las emisiones y esta corrección se denomina “factor de corrección por ciclo”. El factor de corrección por ciclo se multiplica por los factores de emisión basados en el FTP.

Factor por altos emisores

Al realizar las pruebas de verificación vehicular y compararlas con los valores predichos por los modelos (Mobile5 o EMFAC) se hizo notorio que se requería un nuevo factor de corrección. Esta diferencia es lo que se considera “factor de corrección por altos emisores”.

4.1.5 Factor compuesto de emisión

Debido a que hay muchos y muy variados tipos de vehículos en las calles de la ciudad se calculará un “Factor compuesto de emisión”, que representará un grupo mayor de vehículos e incluso se calculará un factor compuesto para todo el parque vehicular. Para hacer este cálculo se requiere hacer algunas ponderaciones, considerando la distribución por edades del parque vehicular y el recorrido de cada uno de estos vehículos. De acuerdo a la experiencia estadounidense, conforme envejece un vehículo menos kilómetros recorre por año, este efecto puede ser causado porque existe una fuerte tendencia para que los vehículos utilitarios sean siempre vehículos nuevos o con una antigüedad no mayor a dos años.

Para hacer la ponderación descrita el factor de emisión correspondiente a cada tipo de vehículo se multiplica por la fracción del total de kilometraje recorrido por cada tipo de vehículo.

4.2 Cálculo del inventario

A partir de los valores de factores de emisión obtenidos se procede a hacer el cálculo preliminar de la emisión total de vehículos al multiplicar el factor compuesto por el kilometraje recorrido por vehículos correspondiente (Ecuación 4.1). En este caso el valor total de KRV se obtiene de los datos de consumo de combustible y considerando un rendimiento promedio para todo el parque vehicular, aún cuando la manera más adecuada es mediante la recopilación de los KRV en todas las vías de comunicación de la ciudad.

En el caso de la ciudad de Chihuahua no se cuenta con modelos de transporte de los que se puedan obtener datos de kilometraje por calle o de valores específicos de tráfico vehicular⁴, por lo que los valores empleados para el estudio provienen de aproximaciones al rendimiento promedio de todo el parque vehicular.

⁴Comunicación personal, Departamento de Ingeniería del Transporte. Municipio de Chihuahua.

5

Datos específicos de la ciudad

De acuerdo a lo que se discutió en capítulos anteriores se presentan a continuación los puntos relevantes de la información recopilada en las diferentes dependencias y que forman parte integral del *Inventario de emisiones* provenientes de fuentes móviles en la ciudad de Chihuahua.

5.1 Parque Vehicular

Uno de los principales problemas para la realización del inventario de emisiones de fuentes móviles que circulan en la Ciudad es la determinación de las características y edades del parque vehicular.

En la ciudad de Chihuahua se tienen dos tipos de vehículos,

Nacionales: Los vehículos de procedencia nacional o nacionalizados, que forman parte de los registros de recaudación de rentas del gobierno de la república y que de manera regular pagan impuestos por circular en el país.

Chuecos: Los vehículos de procedencia extranjera que han sido introducidos al país de manera ilegal y de los que sólo se cuenta con registro en las organizaciones que los amparan y que no pagan impuestos ni tienen obligaciones fiscales.

La obtención de información acerca de las características de cada uno de estos grupos se basó, de manera inicial, en los datos proporcionados por Gobierno del Estado y en una segunda instancia, en los datos obtenidos a través de la aplicación de encuestas.

5.1.1 Vehículos nacionales

El primer grupo de los vehículos nacionales contaba al 26 de marzo de 1998¹ con 105 977 automóviles, 56 777 camiones y 612 ómnibus, lo que da un total de 163 366 vehículos registrados.

La clasificación de estos vehículos por modelo se muestra en la tabla 5.1 en la cuál se puede ver que los vehículos de modelos anteriores a 1993 (año en que se introdujo el convertidor catalítico en el país) son 134 423, lo que representa el 82.3 % del parque vehicular registrado.

Tabla 5.1: Edad de los vehículos nacionales

Modelo	Cantidad
1984 y anteriores	95 511
1995 a 1998	13 212
1989	4 612
1990	5 568
1991	6 738
1992	7 782
1993	7 703
1994	7 119
1995	4 110
1996	2 763
1997	4 444
1998	2 804

De éstos vehículos se tiene además una clasificación por origen del vehículo y 59 353 son de procedencia extranjera (todos registrados) mientras que 104 013 son de origen nacional.

Con los datos que se proporcionaron se realizó un análisis de la distribución de los modelos vehiculares. De los diversos modelos propuestos (lineal, exponencial y logarítmico entre otros), se obtuvo que el más adecuado es el que utiliza una distribución normal para el porcentaje acumulado de vehículos, tal como puede verse en la figura 5.1.

5.1.2 Vehículos *chuecos*

Los vehículos *chuecos* son un fenómeno que ha venido creciendo en los últimos diez años, a raíz de la disminución del poder adquisitivo de la población y de las irregularidades que se han hecho cada vez más comunes en el sistema de aduanas del país. Estos vehículos, una vez que cruzan la aduana, se registran en una de las diversas organizaciones para la “Protección del patrimonio familiar” (Onappafa, Odeppafa, Codeppafa y UNTA entre otras) y por doscientos pesos pueden circular libremente en todo el estado y, con algunas restricciones, por el resto del país.

¹Comunicación personal, Departamento de Registro y Control de Obligaciones del Gobierno del Estado de Chihuahua. Lic. Enrique Gallardo García

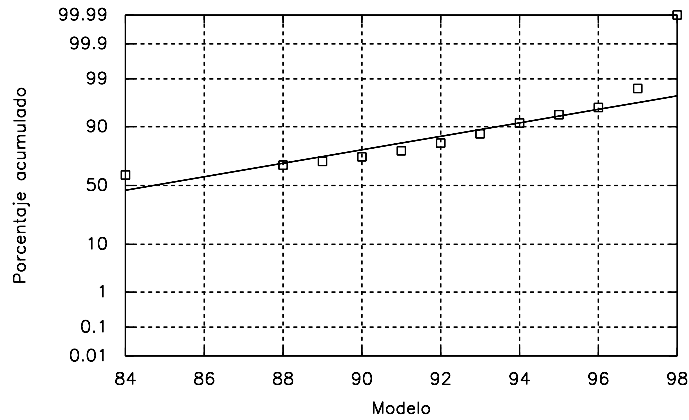


Figura 5.1: Distribución de vehículos por modelo. Recaudación de rentas.

Para este estudio se acudió inicialmente a las organizaciones que agrupan a los propietarios de los vehículos *chuecos* pero ninguna de ellas accedió a proporcionar información acerca de las marcas, modelos o cantidad de los mismos.

Con base en los datos obtenidos por un censo de gobierno del estado en 1995² y que arrojó 15 111 vehículos extranjeros en circulación dentro de la ciudad, se consideró conveniente hacer una investigación más detallada para obtener la características reales de los vehículos *chuecos* y *nacionales*. Los resultados de esta investigación se encuentran en el apéndice A.

En la tabla 5.2 se muestra la edad de los vehículos censados en 1995, estos datos muestran que los vehículos que se introducen al país también son vehículos de “edad avanzada”, ya que el convertidor catalítico se introdujo en los Estados Unidos a partir de 1988.

También se realizó un análisis de los resultados obtenidos en el censo para caracterizar el parque vehicular de la ciudad. Como puede verse en la figura 5.2 se tienen tres claras tendencias. La primera que va desde los modelos 1950 hasta aproximadamente 1985, sin embargo los modelos que van 1985 a 1990 son adquiridos a una velocidad mucho mayor que la que se presentó hasta 1985, esto fue el resultado de las facilidades otorgadas por el gobierno para la legalización de vehículos *chuecos*, de esta manera para los modelos de 1990 en adelante se mantiene nuevamente un ritmo más lento de adquisición que podríamos suponer se mantiene hasta la fecha.

En el año de 1999 se realizó una pseudo-regularización de vehículos *chuecos*. El Ejecutivo del Estado de Chihuahua, en franca oposición contra las políticas de la federación, implantó un programa denominado *Engomado Verde*, que permite a los vehículos *chuecos* circular libremente por todo el estado excepto en las ciudades fronterizas. Esta regularización provocó

²Comunicación personal, Departamento de Operación y Coordinación de Recaudaciones del Gobierno del Estado de Chihuahua. Ing. Sergio Loya Merino

Tabla 5.2: Edades de los vehículos *chuecos* censados en 1995

Modelo ^a	Cantidad
80 y anteriores	4 664
81	1 032
82	994
83	1 126
84	1 840
85	2 373
86	1 503
87	1 000
88	532
89	27
90	5
91	2
92	1
93	5
94	6
95	1

^aFuente: Departamento de Operación y Coordinación de Recaudaciones del Gobierno del Estado de Chihuahua

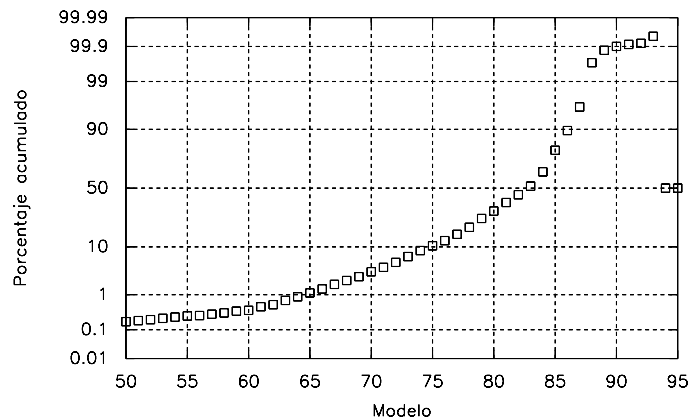


Figura 5.2: Distribución de vehículos por modelo. Censo 1994.

un flujo impresionante de vehículos *chuecos* para ser regularizados, de tal manera que a febrero del 2000 se calcula que el 49 % del parque vehicular de la ciudad está constituido por automóviles con *Engomado Verde*.

5.1.3 Encuestas

Partiendo de la gran dificultad para obtener datos de los vehículos *chuecos*, y de que la magnitud del problema se ha incrementado desde 1995 se decidió hacer una investigación más detallada para obtener valores más confiables acerca de las características del parque vehicular de la ciudad.

La encuesta que se diseñó cubrió los siguientes puntos:

1. Tipo de vehículo.
 - Vehículos ligeros a gasolina.
 - Camionetas ligeras a gasolina ($< 2\,727$ kg).
 - Camionetas pesadas a gasolina ($2\,727\text{--}3\,857$ kg).
 - Vehículos pesados a gasolina ($> 3\,857$ kg).
 - Vehículos ligeros a diesel.
 - Camionetas ligeras a diesel ($< 3\,857$ kg).
 - Vehículos pesados a diesel ($> 3\,857$ kg).
2. Marca.
3. Línea.
4. Año.
5. Odómetro.
6. Unidades.
 - Millas por hora.
 - Kilómetros por hora.
7. Nacional o extranjero.
8. Regularizado o ilegal.

Esta encuesta se aplicó en quince de las veintidós gasolineras de la ciudad durante el mes de Junio de 1998. La cantidad de vehículos encuestados fue de 568, que representa el 0.35 % de los vehículos registrados.

En un principio se asumió que los vehículos sólo podrían ser *nacionales* o *chuecos*, lo que nos permitió definir el parámetro a evaluar, así como la distribución de probabilidad que se emplearía. Ya que sólo existen dos eventos posibles “*chueco*” y “*no chueco*”, la evaluación

se llevó a cabo basada en una distribución binomial con parámetros p y q que representan la fracción del total de vehículos cada uno de los atributos definidos.

Aún cuando el número de vehículos encuestados pueda parecer pequeño, la encuesta se utilizó entre otras cosas para calcular la fracción de vehículos ilegales en la ciudad (p), que es el parámetro que nos permitió calcular el volumen total del parque vehicular suponiendo que la cantidad de vehículos ilegales en el país se distribuye efectivamente de manera binomial y con parámetro p ; en donde el parámetro p representa la fracción de vehículos ilegales en la ciudad y el parámetro q representa por consiguiente la fracción de vehículos nacionales en la ciudad.

La cantidad de vehículos ilegales que se registraron en la encuesta fue de 189, que tomando en cuenta un universo de 568 vehículos se obtiene la fracción de vehículos ilegales en la ciudad:

$$\text{Porcentaje de Vehículos Ilegales} = 100 \frac{189}{568} = 33.27\%$$

Con este resultado lo más conveniente, para evitar sobreestimar los valores, es considerarlo como porcentaje de automóviles y camionetas ligeras³. La cantidad de vehículos registrados como automóviles es de 105 977, que representan entonces el 66.73 % del total.

Partiendo de los datos anteriores el número aproximado de vehículos que se encuentran en la ciudad de manera ilegal es de 52 849. Este valor es muy superior al obtenido por el Censo de 1995 y también superior a las estimaciones del Departamento de Tránsito de la Ciudad, que sitúan el número de vehículos *chuecos* alrededor de los 40 000.

Estos datos permiten considerar al parque vehicular como formado de los constituyentes descritos en la tabla 5.3 y utilizar este nuevo parque vehicular para el cálculo del inventario de emisiones.

Tabla 5.3: Volumen estimado del parque vehicular

Tipo de Vehículo	Cantidad
Automóviles	158 826
Camiones	56 777
Ómnibus	612
<i>Total</i>	216 215

Como referencia, la distribución de la edad de los vehículos encuestados se muestra en la tabla 5.4 y se presenta de manera gráfica en la figura 5.3 para fines de comparación con los valores obtenidos para el Censo de 1995 (figura 5.2) y los valores de Recaudación de Rentas (figura 5.1).

³Recaudación de rentas considera a las camionetas ligeras dentro del grupo de automóviles

Tabla 5.4: Edad de los vehículos encuestados

Modelo	Vehículos
85 y anteriores	53.36%
86	6.89%
87	4.59%
88	5.12%
89	4.77%
90	3.71%
91	2.83%
92	4.24%
93	3.00%
94	3.53%
95	1.24%
96	1.24%
97	2.83%
98	2.65%

5.1.4 Comparación de los datos generados

Con los datos obtenidos de cada una de las fuentes se procedió a realizar diversos ajustes de regresión, comenzando con modelos lineales, logarítmicos, exponenciales y polinomiales hasta llegar al modelo normalizado que finalmente resultó ser el más adecuado.

En base a este modelo, cuya aplicación se mostró en la figura 5.1, las tendencias acumulativas de los vehículos registrados en la ciudad de Chihuahua son lineales, excepto en el caso del valor para 1998.

Para el caso de los vehículos encuestados se encontró también que el modelo de distribución normal se ajusta adecuadamente excepto para el valor de 1998⁴. Estos datos se encuentran descritos en la figura 5.3.

Para el caso de los vehículos censados en 1994 se realizó también un análisis similar del que se desprenden observaciones muy interesantes acerca de las velocidades de adquisición de vehículos antes y después del censo.

Los vehículos *chuecos* representan una parte muy importante del parque vehicular de la ciudad. Todos los vehículos *chuecos* son de procedencia extranjera, por lo que se puede inferir que su tecnología es equivalente a la manejada en los Estados Unidos para el mismo modelo. En base a los datos recopilados en la encuesta se realizó un análisis para determinar cuál es la fracción de vehículos *chuecos* por modelo que circulan en la ciudad. Este análisis se presenta en la figura 5.4. Como podría presumirse de esta gráfica la relación de porcentaje de vehículos *chuecos* por modelo parece seguir también una distribución normal. Este hecho permite inferir que las condiciones que permitieron el desarrollo del fenómeno de los vehículos

⁴Este valor debería estar graficado en infinito para un porcentaje de 100 % e intencionalmente se incluyó en la gráfica con un valor de 99.90 %

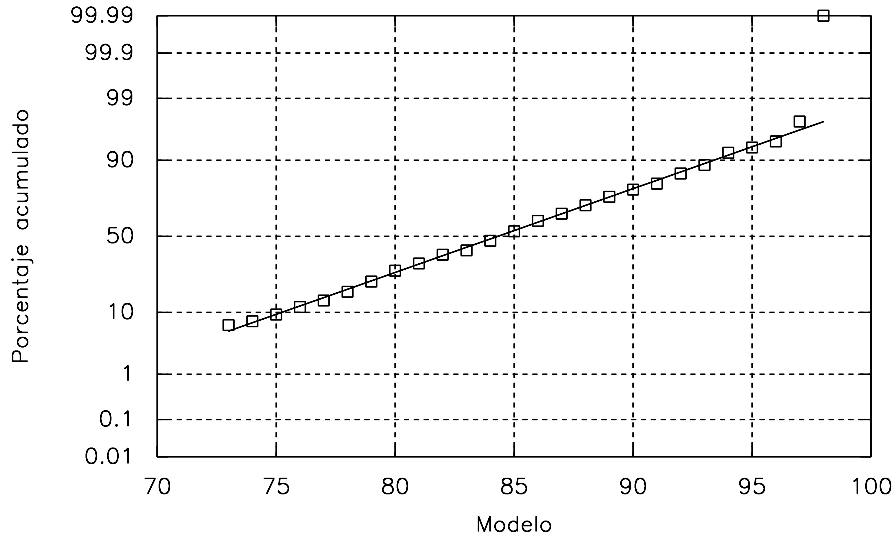


Figura 5.3: Porcentaje acumulado de vehículos. Encuesta 1998

chuecos se encuentran estabilizadas y a menos que se alteren drásticamente estas condiciones, estos vehículos formarán parte de todos los parques vehiculares del país.

El análisis de distribución nos permitirá determinar, junto con otras consideraciones, la matriz de equivalencia tecnológica para la ciudad de Chihuahua que se utilizará en *mobile5*.

5.2 Combustibles

La contaminación de la cuenca atmosférica de Chihuahua está determinada por las características y el volumen de combustibles fósiles que se utilizan en la ciudad. En esta sección se hará referencia sólo a los combustibles que se utilizan en fuentes móviles.

5.2.1 Volumen de combustibles

Los vehículos automotores funcionan, en su gran mayoría (más del 99%) con combustibles fósiles, de los cuáles los principales son Diesel y Gasolina. Estos combustibles se comercializan en la ciudad a través de una infraestructura de gasolineras que dependen directamente de la empresa paraestatal “Pemex Refinación”.

El consumo de combustible en la ciudad para 1997 se comportó mensualmente como se describe en la tabla 5.5.

La proporción de las diferentes gasolinas que se utilizaron durante 1997 se encuentra en

Tabla 5.5: Consumo de combustible 1997 (m³)^a

Mes	Diesel <i>m</i> ³	Gasolina <i>m</i> ³
Enero	6 356	23 058
Febrero	5 944	21 682
Marzo	5 618	22 779
Abril	6 532	23 919
Mayo	6 532	24 148
Junio	6 984	23 870
Julio	7 241	25 182
Agosto	6 886	23 055
Septiembre	7 024	25 105
Octubre	7 789	27 697
Noviembre	7 324	24 057
Diciembre	7 718	31 099
Total	82 195	295 650

^aFuente: Comunicación personal, Subdirección Comercial, Gerencia Comercial Zona Norte, Pemex Refinación. Ing. Rubén Alejandro Salas

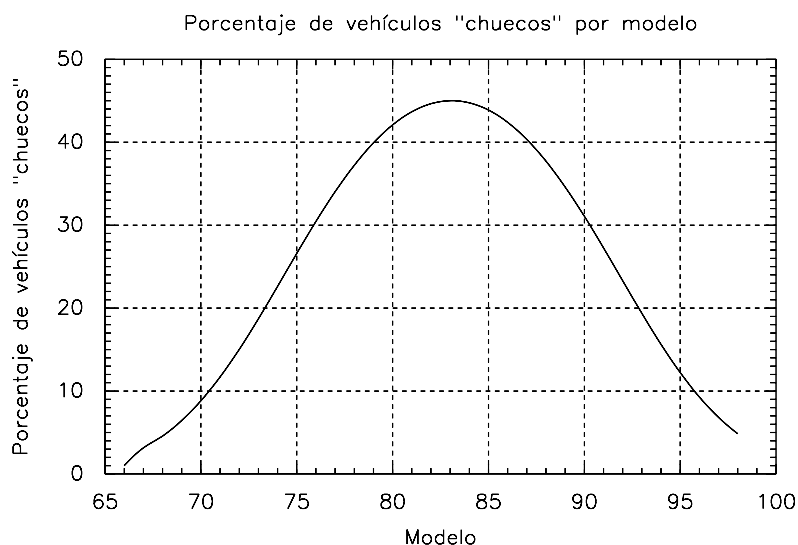


Figura 5.4: Porcentaje de vehículos *chuecos* por modelo

la tabla 5.6, sin embargo para fines de pronóstico habrá que tomar en cuenta que la gasolina *Nova Plus* se retiró del mercado en la primera mitad de 1997. Cuando ya se contaba con la gasolina *Pemex Premium*. De acuerdo a los comentarios recibidos del personal de Pemex, para 1998 se puede considerar la proporción de gasolina *Nova Plus* como *Pemex Magna*.

Tabla 5.6: Proporción de consumo de gasolinas 1997^a

Producto	Proporción
Pemex Magna	95.8 %
Nova Plus	0.7 %
Pemex Premium	3.5 %

^aFuente: Pemex Refinación, Terminal de Abastecimiento y Distribución Chihuahua. Ing. Hugo Sandoval Estrada

5.2.2 Características de los combustibles

La presión de vapor del combustible varía de acuerdo a las diferentes regiones del país y de acuerdo a la época del año (Estaciones). La ciudad de Chihuahua se encuentra dentro de la zona de distribución dominada por la Refinería de Cadereyta. En la tabla 5.7 se muestran

los valores de la presión de vapor para las gasolinas *Pemex Magna* y *Pemex Premium*.

Tabla 5.7: Rango de presión de vapor de Reid^a

Mes	Presión de vapor (lb/in^2 a 100 °F)	
	<i>Pemex Magna</i>	<i>Pemex Premium</i>
Enero	10–11.5	10–10.5
Febrero	10–11.5	10–11.5
Marzo	9–10	9–10
Abril	9–10	9–10
Mayo	9–10	9–10
Junio	7.8–9	7.8–9
Julio	7.8–9	7.8–9
Agosto	7.8–9	7.8–9
Septiembre	9–10	9–10
Octubre	9–10	9–10
Noviembre	10–11.5	10–11.5
Diciembre	10–11.5	10–11.5

^aFuente: Pemex Refinación, Terminal de Abastecimiento y Distribución Chihuahua. Ing. Hugo Sandoval Estrada

Los contenidos de plomo, oxígeno y azufre se obtuvieron de las especificaciones de producto y se muestran en la tabla 5.8; estos valores serán los que se utilicen para las estimaciones ya que no se tienen valores promedio disponibles.

5.2.3 Inventario preliminar

Con los datos de actividad en el consumo de combustible descritos hasta este punto se puede realizar una primera aproximación al inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles, siempre que los factores de emisión se encuentren en unidades de kilogramos de contaminante por volumen de combustible; estos factores fueron obtenidos durante un estudio realizado en Monterrey N.L. y publicados en [15], los factores de emisión se muestran en la tabla 5.9.

Con esto factores y el total de consumo de combustibles (377.8 millones de litros) de la sección 5.2.1 se obtienen los valores de la tabla 5.10 que representan la primera aproximación al inventario final.

5.2.4 KRV y fracciones de KRV

Contando con los valores de consumo anual de gasolinas de 295 650 068 litros y de diesel de 82 195 122, se estimó un valor de KRV de 2 007 millones de kilómetros en vehículos de gasolina y de 558 millones de kilómetros para vehículos a diesel.

Tabla 5.8: Plomo, azufre y oxígeno en combustibles^a

Combustible	Azufre % en peso	Plomo <i>g/gal</i>	Oxígeno % en peso	Densidad <i>lb/gal</i>
Pemex Premium	0.05 Máx.	0.01 Máx.	1.0/2.0 Max.	5.7–6.3
Pemex Magna	0.10 Máx.	0.01 Máx.	n.e.	5.7–6.3
Pemex Diesel	0.05 Máx.	n.e.	n.e.	6.26

^aFuente: Pemex Refinación. Gerencia de Control de Producción, Unidad de Control Químico.

Tabla 5.9: Factores de emisión de Bishop^a

Contaminante	Factor de emisión gramos/litro de combustible
Hidrocarburos	9
Monóxido de Carbono	149
Óxidos de nitrógeno	14

^aFuente: *On-road remote sensing of vehicle emissions in Mexico.*, Bishop et al. 1997

Tabla 5.10: Inventario preliminar

Contaminante	Emisión Ton/año
Hidrocarburos	3 400.6
Monóxido de Carbono	56 298.9
Óxidos de nitrógeno	5 289.8

Las fracciones de Kilómetros Recorridos por Vehículos (KRV) en la ciudad no puede ser determinada de encuestas específicas (por lo menos para el alcance de esta investigación). Sin embargo se cuenta con datos correspondientes a una investigación realizada por el Instituto de Transporte de Texas e incluidos en [12], de donde se obtienen las fracciones de KRV's por tipo de vehículos que se muestran en la tabla 5.11.

Tabla 5.11: Fracciones de KRV en Ciudad Juárez^a

Tipo de Vehículo	Porcentaje de KRV
Vehículos ligeros a gasolina (LDGV).	61.1 %
Camionetas ligeras a gasolina (LDGT1) (< 2 727 kg).	24.2 %
Camionetas ligeras a gasolina (LDGT2) (> 2 727 kg y < 3 857 kg)	6.6 %
Vehículos pesados a gasolina (HDGV) (> 3 857 kg)	5.6 %
Vehículos ligeros a diesel (LDDV)	0.0 %
Camionetas ligeras a diesel (LDDT) (< 3 857 kg)	0.0 %
Vehículos pesados a diesel (HDDV) (> 3 857 kg)	1.9 %
Motocicletas (MC)	0.6 %

^aFuente: Development of Mobile Emissions Factor Model for Ciudad Juárez, Chihuahua. Corporación Radian. 1996

En base a la comparación de los datos de registro de Ciudad Juárez y Chihuahua se ha extrapolado esta distribución para adecuarla a esta ciudad⁵. Los volúmenes de registro se muestran en la tabla 5.12 y la extrapolación de fracciones de KRV se muestran en la tabla 5.13.

⁵Esto implica que la distribución de los KRV en Juárez y Chihuahua sean similares, lo cual es una suposición razonable

Tabla 5.12: Volumen de vehículos por ciudad^a

	Juárez	Porcentaje	Chihuahua	Porcentaje
Automóviles	292 058	76.9	158 826	73.5
Camiones	84,484	22.2	56 777	26.26
Ómnibus	3 352	0.9	612	0.28
Total	379 694	100.0	216 215	100.0

^aFuente: Departamento de Recaudación de Rentas del Gobierno del Estado de Chihuahua

Tabla 5.13: Fracciones de KRV para Chihuahua

Tipo de Vehículo	Porcentaje de KRV
Vehículos ligeros a gasolina (LDGV).	60.18 %
Camionetas ligeras a gasolina (LDGT1) (< 2 727 kg).	23.83 %
Camionetas ligeras a gasolina (LDGT2) (> 2 727 kg y < 3 857 kg)	6.5 %
Vehículos pesados a gasolina (HDGV) (> 3 857 kg)	6.63 %
Vehículos ligeros a diesel (LDDV)	0.0 %
Camionetas ligeras a diesel (LDDT) (< 3 857 kg)	0.0 %
Vehículos pesados a diesel (HDDV) (> 3 857 kg)	2.25 %
Motocicletas (MC)	0.61 %

6

Resultados de Mobile5 y análisis de alternativas

De acuerdo a los datos obtenidos en el capítulo anterior se han definido diferentes escenarios para la utilización de Mobile5.

En este capítulo se describirá cada uno de estos escenarios y finalmente se hará un análisis a la luz de los resultados.

Es necesario también dejar claro que Mobile-Juárez y Mobile-Monterrey son básicamente *el mismo modelo Mobile5*, pero con algunas modificaciones realizadas para Ciudad Juárez y Monterrey respectivamente.

6.1 Estado actual

Originalmente se corrió el modelo Mobile-Juárez con los datos que se describieron en el capítulo anterior de acuerdo a la recomendación del Manual de Inventarios de Emisiones para México [5], sin embargo debido a los comentarios específicos de Corporación Radian¹ se realizaron ejercicios similares con Mobile5-Monterrey.

6.1.1 Mobile-Juárez

Los resultados para los factores de emisión obtenidos se muestran en la tabla 6.1. Hay que hacer notar que el factor promedio que se presenta se obtiene de las fracciones de KRV descritas en la sección 5.2.4.

¹Comunicación personal Ing. Andrew Burnette, Agosto 1998

Tabla 6.1: Factores de emisión Mobile-Juárez

Estación	Velocidad	HC	CO	NO _x
	$\frac{Km}{h}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$
Primavera	24.10	5.83	46.25	2.43
	40.20	4.15	30.23	2.45
	56.30	3.36	22.97	2.56
Verano	24.10	7.15	52.71	2.29
	40.20	5.15	34.19	2.30
	56.30	4.25	25.75	2.40
Otoño	24.10	6.35	50.84	2.48
	40.20	4.49	33.29	2.51
	56.30	3.62	25.29	2.62
Invierno	24.10	6.73	64.85	2.81
	40.20	4.52	42.54	2.84
	56.30	3.44	32.20	2.96
Factor Promedio		4.97	38.83	2.53

6.1.2 Mobile-Monterrey

Con los mismos datos se procedió a correr Mobile-Monterrey y se obtuvieron los valores de la tabla 6.2. Con estos factores y los KRV obtenidos previamente se obtiene un nuevo inventario global de emisiones. Los resultados son:

- Hidrocarburos 12.74 miles de toneladas por año.
- Monóxido de carbono 99.58 miles de toneladas por año.
- Óxidos de nitrógeno 6.48 miles de toneladas por año.

Con estos valores el inventario de emisiones resulta ser

- Hidrocarburos 15.23 miles de toneladas por año.
- Monóxido de carbono 118.35 miles de toneladas por año.
- Óxidos de nitrógeno 7.77 miles de toneladas por año.

Este inventario como era de esperarse resulta mayor debido a que se consideró que la edad del parque vehicular con Mobile-Monterrey es mayor para las mismas condiciones de distribución por modelos que en Mobile-Juárez.

6.1.3 Primera modificación para Chihuahua

Aún cuando se obtuvieron los datos de Mobile-Monterrey, lo único que se puede afirmar es que el inventario de emisiones para Chihuahua quedaría en alguno de los dos extremos debido a las diferencias entre las matrices de equivalencia tecnológica.

Tabla 6.2: Factores de emisión Mobile-Monterrey

Estación	Velocidad	HC	CO	NO _x
	$\frac{Km}{h}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$
Primavera	24.10	7.277	57.113	2.843
	40.20	5.24	35.118	3.043
	56.30	4.26	24.858	3.279
Verano	24.10	9.291	75.11	2.521
	40.20	6.883	46.094	2.674
	56.30	5.768	32.59	2.87
Otoño	24.10	7.618	60.085	2.892
	40.20	5.446	36.991	3.098
	56.30	4.403	26.177	3.339
Invierno	24.10	6.672	74.056	3.195
	40.20	4.404	45.717	3.432
	56.30	3.257	32.263	3.703
Factor Promedio		5.939	46.143	3.031

Para mejorar la aproximación de Mobile-Monterrey se modificó la matriz de equivalencia tecnológica mediante el análisis de los modelos encuestados. En muchos casos los vehículos poseían tecnología estadounidense a pesar de estar registrados en la ciudad por lo que se segmentaron los modelos de acuerdo a la tecnología empleada para su fabricación. Las gráficas de estos análisis pueden verse en las figuras 6.1 y 6.2.

Partiendo de los valores obtenidos y de las proporciones determinadas en la encuesta se generó la nueva matriz de equivalencia tecnológica que se presenta en el apéndice B.

Suponiendo que se tiene que para el modelo 1985 el 60% de los vehículos tienen tecnología mexicana, y que en la columna de “escape de vehículos ligeros” equivale a un modelo 1979 norteamericano². El valor que se utilizará para la matriz de equivalencia es de:

$$\text{Modelo equivalente} = 1979 + (1985 - 1979) * (1 - 0.6) \quad (6.1)$$

que al redondear hacia abajo nos dará un modelo 1981, que es el que finalmente se utilizó en la matriz de equivalencia tecnológica para Chihuahua.

Los factores de emisión obtenidos con esta modificación se muestran en la tabla 6.3. A partir de estos valores se obtiene un nuevo inventario de emisiones, sin embargo a través de esta estrategia los valores obtenidos resultan ser menores que los calculados mediante Mobile-Monterrey y Mobile-Juárez. Esto cuestiona seriamente el método de construcción de la matriz de equivalencia tecnológica como método adecuado para la estimación de un inventario de emisiones por fuentes móviles. Los resultados son:

- Hidrocarburos 12.00 miles de toneladas por año

²Con valores originales de Mobile-Monterrey

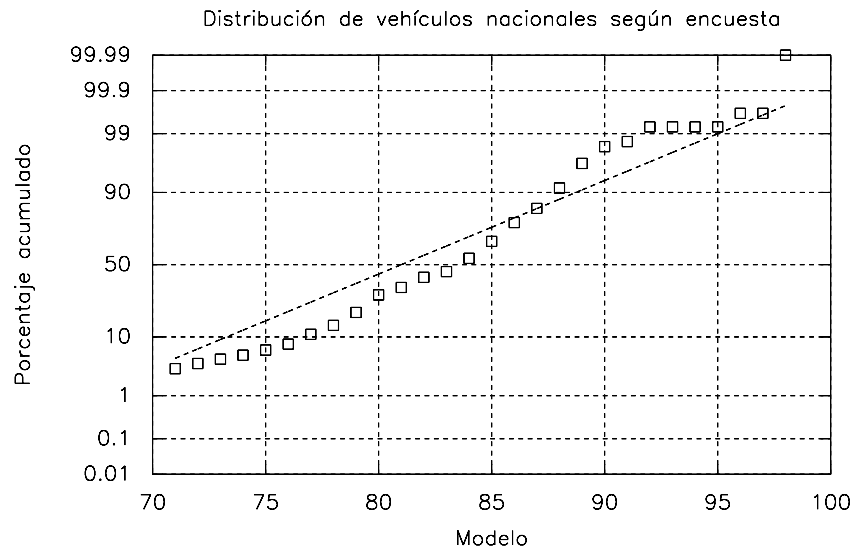


Figura 6.1: Vehículos nacionales por su tecnología

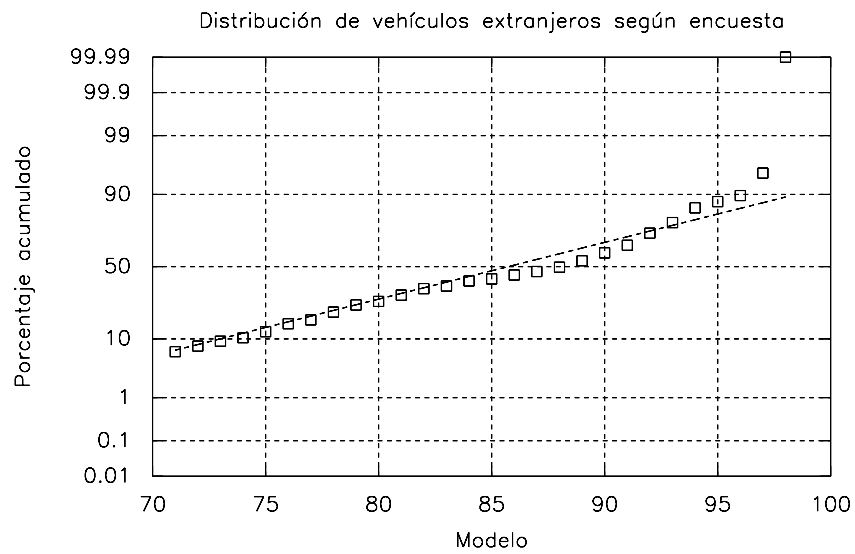


Figura 6.2: Vehículos norteamericanos por su tecnología

- Monóxido de Carbono 93.13 miles de toneladas por año.
- Óxidos de nitrógeno 6.07 miles de toneladas.

Tabla 6.3: Factores de emisión modificación Chihuahua

Estación	Velocidad	HC	CO	NO _x
	$\frac{Km}{h}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$
Primavera	24.10	5.633	42.345	2.293
	40.20	3.959	26.797	2.367
	56.30	3.158	19.174	2.496
Verano	24.10	7.402	56.731	2.014
	40.20	5.308	35.734	2.068
	56.30	4.344	25.415	2.175
Otoño	24.10	6.011	45.75	2.334
	40.20	4.198	29.017	2.408
	56.30	3.330	20.778	2.539
Invierno	24.10	5.751	60.641	2.570
	40.20	3.713	38.642	2.647
	56.30	2.679	27.619	2.788
Factor Promedio		4.677	36.309	2.365

6.1.4 Segunda modificación para Chihuahua

Debido a las diferencias obtenidas en la sección anterior respecto a los valores esperados inicialmente se realizó una segunda modificación para el inventario de la ciudad de Chihuahua. Las consideraciones que se tomaron en cuenta fueron:

- Los vehículos *chuecos* que transitan por la ciudad tienen características similares a las de los vehículos que forman el parque vehicular de Ciudad Juárez. Esto debido a que son vehículos de manufactura extranjera y a que sus kilometrajes son altos debido a que han sido utilizados como vehículos utilitarios en su país de origen.
- Los vehículos registrados tienen características similares a las de los vehículos que forman el parque vehicular de Monterrey. Esto debido a que en su mayoría son de manufactura nacional (o diseñados para cumplir requerimientos del mercado mexicano).

Debido a estas consideraciones se realizaron dos corridas con Mobile Juárez y Mobile Monterrey, cada una para las diferentes secciones del parque vehicular de Chihuahua. Para el caso de los vehículos *chuecos* se utilizó Mobile Juárez, mientras que para los vehículos registrados se empleó Mobile Monterrey.

Mobile-Juárez y los vehículos *chuecos*

Partiendo de los datos de la encuesta y de los analizados en la figura 5.4 se obtuvo la distribución de los vehículos *chuecos* por modelo, para ser introducidas en el archivo “`regmar.inp`”. Los factores de emisión obtenidos para esta aplicación son los que se muestran en la tabla 6.4.

Tabla 6.4: Factores de emisión para vehículos *chuecos*

Estación	Velocidad	HC	CO	NO _x
	$\frac{Km}{h}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$
Primavera	24.10	5.24	42.04	2.30
	40.20	3.71	27.69	2.28
	56.30	3.01	21.46	2.35
Verano	24.10	6.34	45.37	2.20
	40.20	4.52	29.54	2.18
	56.30	3.73	22.74	2.25
Otoño	24.10	5.74	45.59	2.36
	40.20	4.04	30.74	2.34
	56.30	3.27	23.81	2.41
Invierno	24.10	6.24	59.06	2.69
	40.20	4.21	38.96	2.67
	56.30	3.24	30.01	2.76
Factor Promedio		4.48	35.10	2.38

Mobile-Monterrey y los vehículos registrados

Así como se realizó para los vehículos *chuecos* se calcularon los factores de emisión para vehículos registrados mediante Mobile-Monterrey. Los resultados se presentan en la tabla 6.6. Con los factores así obtenidos y las proporciones del parque vehicular obtenidas en la encuesta se calculó nuevamente un inventario a partir de los factores de emisión promedio de la tabla 6.5.

Reuniendo todos estos valores y los KRV obtenidos anteriormente se tiene el siguiente inventario para la ciudad:

- Hidrocarburos 12.40 miles de toneladas por año
- Monóxido de carbono 98.36 miles de toneladas por año.
- Óxidos de nitrógeno 6.65 miles de toneladas por año.

Esta segunda metodología resulta una mejor aproximación que la anterior, por lo que es la que finalmente se considerará como inventario.

Tabla 6.5: Factores de emisión promedio para todo el parque vehicular

Contaminante	Factor promedio $\frac{g}{Km}$
Hidrocarburos	4.836
Monóxido de carbono	38.351
Óxidos de nitrógeno	2.593

Tabla 6.6: Factores de emisión para vehículos registrados

Estación	Velocidad	HC	CO	NO _x
	$\frac{Km}{h}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$	$\frac{g}{km}$
Primavera	24.10	6.16	49.27	2.55
	40.20	4.39	30.34	2.70
	56.30	3.54	21.60	2.89
Verano	24.10	7.83	64.23	2.29
	40.20	5.71	39.41	2.39
	56.30	4.75	27.99	2.55
Otoño	24.10	6.47	52.04	2.60
	40.20	4.57	32.10	2.74
	56.30	3.67	22.85	2.94
Invierno	24.10	5.79	64.61	2.87
	40.20	3.80	40.00	3.04
	56.30	2.81	28.39	3.26
Factor Promedio		5.01	39.92	2.70

6.2 Verificación vehicular

Como una de las alternativas más atractivas para la prevención y reducción de la contaminación por vehículos se ha contemplado repetidas veces la implantación de un programa de verificación vehicular. Este tipo de programas ya se maneja en diversas ciudades del país y en el extranjero con buenos resultados.

En Chihuahua la verificación representa un problema, especialmente en lo relativo al cumplimiento por parte de los automóviles que circulan ilegalmente por el país. Debido a esto pueden esperarse diversos niveles de cumplimiento dependiendo de la manera en la que se maneje la situación de esos automóviles.

Para el análisis se utilizó Mobile-Monterrey como la mejor alternativa debido a los comentarios recibidos por el personal de Radian. En estas evaluaciones se manejaron cumplimientos del 0% (programa voluntario), del 30%, del 60% y del 100% para un programa de verificación computarizado del tipo BAR-90³.

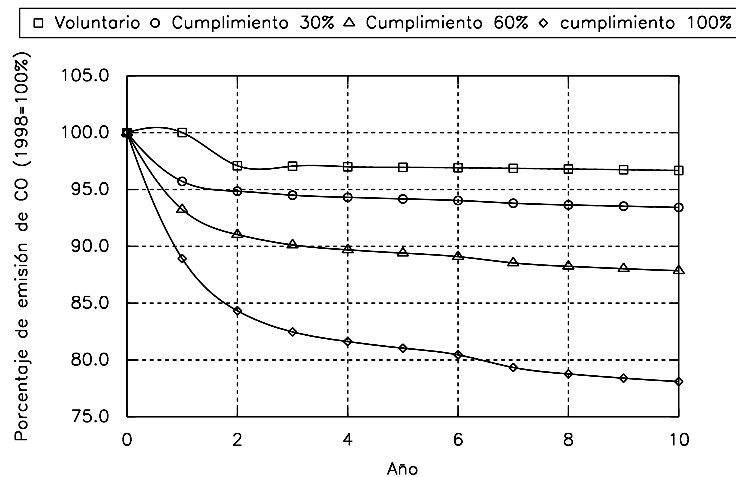


Figura 6.3: Porcentaje de monóxido de carbono bajo diferentes programas de verificación

De acuerdo a las figuras 6.3, 6.4 y 6.5 se puede ver que aún con los programas de verificación no se consigue una considerable reducción de NO_x , sin embargo la reducción de un 10% de los hidrocarburos con un cumplimiento del 100% permite ver con buenos ojos la acción de los programas de verificación sobre los índices de ozono en nuestra ciudad. La reducción más drástica se da en el monóxido de carbono que resulta ser mayor que el 20% para cumplimientos del 100%.

Hay que hacer notar que existe un sesgo importante al realizar las predicciones de reducción a largo plazo. Conforme se avanza en el programa de verificación cada vez aprueba una mayor cantidad de vehículos y se logra que la población le de un mantenimiento más

³Mobile-Monterrey cuenta con los registros necesarios para modelar este tipo de programa

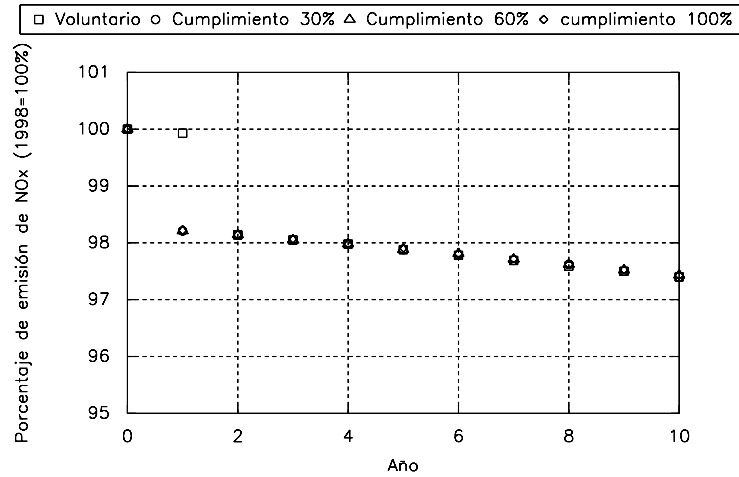


Figura 6.4: Porcentaje de óxidos de nitrógeno bajo diferentes programas de verificación

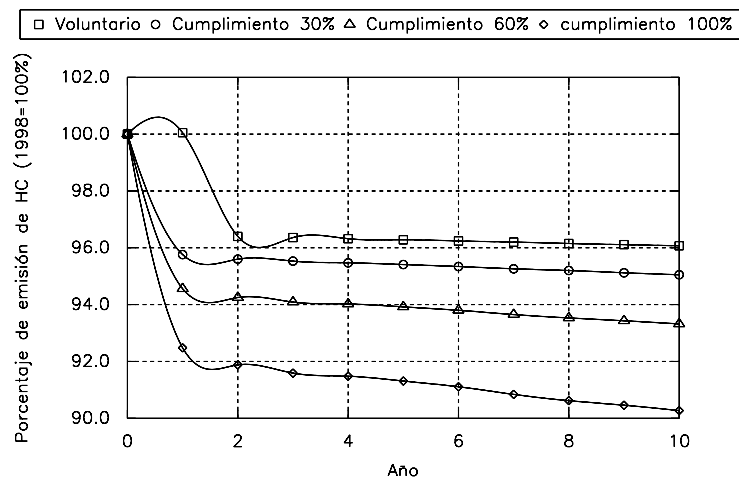


Figura 6.5: Porcentaje de hidrocarburos bajo diferentes programas de verificación

frecuente a los mismos. Para la estimación realizada se consideró que sólo el 50 % de los vehículos aprobarían para todos los años; y de implementarse un programa de verificación vehicular el número se reduciría considerablemente.

7

Sensores Remotos

7.1 Introducción

En el año de 1992 se inicio en Denver, Colorado un programa de detección de contaminantes a través de sensores remotos. Esta aplicación ha ido creciendo a partir de ese momento y en la actualidad se dispone también de unidades comerciales para realizar este tipo de inspección.

Una de las ventajas de la inspección con sensores remotos es que ya se tiene una correlación aproximada entre los resultados obtenidos mediante este proceso y aquellos que se obtienen en las pruebas ordinarias del IM-240 (Arizona Clean Screen Pilot Project), por lo que puede ser usado a manera de filtro para localizar grandes emisores en las diferentes áreas de la ciudad. Esta es la aplicación principal del equipo que se adquirió en Ciudad Juárez, Chihuahua.

En otras ciudades de los Estados Unidos se ha empleado este equipo para exentar de la verificación vehicular a aquellos automóviles que, en base a sus niveles de emisión, pasarían esta prueba. Con todo y que este criterio ha resultado ser eficiente, la discriminación resultante es comparable a la que se obtiene exentando a vehículos de modelos recientes [16]. Es debido a estos resultados que esta aplicación se esta haciendo cada vez menos popular.

7.2 Mediciones con el RSD-2000 en la ciudad de Chihuahua

En los meses de agosto y septiembre de 1998 el Departamento de Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua realizó 46 331 determinaciones de la emisión proveniente del escape de vehículos de combustión interna utilizando un equipo denominado RSD-2000, que fue adquirido por el Municipio de Ciudad Juárez en 1997.

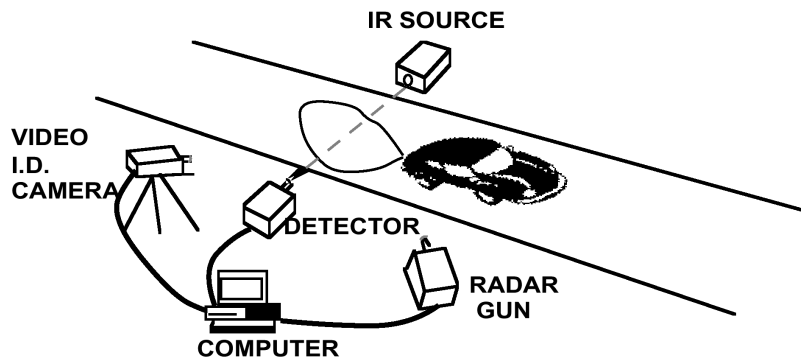


Figura 7.1: Diagrama del arreglo del RSD-2000^a

^aFuente: EPA Fact Sheet OMS-15. Remote Sensing: A supplemental tool for vehicle emission control. 1993

Los datos de tal muestreo fueron facilitados para su análisis por el Ing. Alfredo Campos, perteneciente al mismo departamento de Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua y los datos del parque vehicular fueron proporcionados por el Departamento de Recaudación de Rentas de Gobierno del Estado a través del Ing. Sergio Loya Merino.

7.3 El equipo RSD-2000

El equipo RSD-2000 ha sido fabricado por la compañía *Remote Sensing Technologies, Inc.* El principio de operación esta basado en la transmisión de un rayo infrarrojo que atraviesa el carril de tráfico y cuya atenuación, al ser recibido de regreso por los sensores de recepción, indica la concentración de los gases del escape del vehículo. El arreglo de todo el equipo se puede ver en la figura 7.1.

El analizador detecta: monóxido de carbono, bióxido de carbono e hidrocarburos (reportados directamente como propano), tomando medidas cada 10 milisegundos, para lograr hacer 50 mediciones en un periodo de respuesta de 0.5 segundos.

Los criterios que usa el analizador para validar las mediciones de escape de un vehículo se basan en qué tanta pluma de los gases del escape esta disponible para el periodo del muestreo y en evaluar si las mediciones de la pluma son consistentes con su disipación normal, corrigiendo por cambios en la concentración de debido a emisiones en los alrededores y que provengan de otros autos.

Se evalúa también si la medición de emisiones tiene sentido con relación a las emisiones máximas posibles provenientes de vehículos a gasolina.

Los principales problemas de monitoreo se dan cuando el analizador no alcanza a detectar una pluma que se disipa muy rápido o no hay suficiente pluma del vehículo. En este caso, el

RSD anula los datos para indicar que la pluma no satisfizo los criterios mínimos de medición. Los resultados se pueden ver en la tabla 7.1 considerando que el total de vehículos analizados fue de 46 331 y que en el mejor de los casos se ha descartado el 19% de las mediciones.

El RSD viene equipado con dispositivos de medida de velocidad y aceleración que pueden satisfacer especificaciones de ± 1.0 mph en cambio de velocidad.

El sistema trabaja con 2 rayos láser de bajo poder, emitidos a través del carril de tráfico y que están separados a una distancia exacta uno del otro. En un vehículo que “rompe” los rayos láser cuando pasa por el camino de prueba, el intervalo entre el rompimiento y la restauración de los rayos determina la velocidad y aceleración del mismo.

El RSD tiene un mecanismo auditor integrado, que permite que muestras de gas contenidas en un cilindro de gas comprimido con una concentración conocida, pasen por los detectores. Esta auditoría es la forma más rápida y barata para establecer la referencia en precisión y exactitud.

Los laboratorios de desarrollo del RSD estiman que las lecturas del sensor remoto se pueden correlacionar razonablemente con pruebas I/M-240 (que se desarrollan con carga), bajo condiciones particulares de operación, de manejo y selección del sitio de monitoreo, esto es, aceleración, velocidad, temperatura del motor y del catalizador, pendiente de la vialidad, etc. Estas variables y una discusión exhaustiva sobre el empleo de sensores remotos se encuentra en el denominado *Reporte Greeley* [16].

Al paso de cada vehículo se registran en una cinta de video los datos de:

- Placa.
- Fecha.
- Hora.
- Concentración de bióxido de carbono (CO_2).
- Concentración de monóxido de carbono (CO).
- Concentración total de hidrocarburos reportada como propano (HC).
- Concentración de óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Velocidad.
- Aceleración.

Desgraciadamente en el equipo RSD-2000 con que se realizaron las mediciones, no se cuenta con detector de óxidos de nitrógeno, por lo que no se incluyen en este estudio.

7.4 Desarrollo de las pruebas

Las pruebas se llevaron a cabo en diversas calles de la ciudad entre los días 19 de agosto y el 23 de septiembre de 1998. De acuerdo al programa fueron las siguientes:

Fecha	Localización
19 de Agosto	Gomez Morin y Riva Palacio (Esc. Eloy S. Vallina)
20 de Agosto	Sicomoro y Calle de las Industrias
21 de Agosto	Juan Escutia (Frente a Cementos)
24 de Agosto	Pacheco (Frente a las ferias)
25 de Agosto	Ave. de las Industrias (Tec II)
26 de Agosto	Lombardo Toledano (Entre Juárez y Samaniego)
27 de Agosto	Juan Escutia y Ho Chi Min
28 de Agosto	Ave. la Junta y Chihuahua
31 de Agosto	Antonio de Montes y Luis Echeverria
1 de Septiembre	Calle Mercurio y Cosmos
2 de Septiembre	José María Iglesias y Fresno
3 de Septiembre	Calle 27½ y coronado (Parque Urueta)
4 de Septiembre	Vialidad Ch-P (Entre 80 y Secosa)
7 de Septiembre	H. Colegio Militar (Deportivo M. Valdez Bugarini)
8 de Septiembre	Carbonel y Rep. de Jamaica
9 de Septiembre	Politécnico y Ortiz Mena
10 de Septiembre	Mirador y E. Ramírez Calderón
11 de Septiembre	Agustín Melgar (Esc. Rafael Ramírez)
14 de Septiembre	Calle 27½ y Coronado (Parque Urueta)
15 de Septiembre	Calle Violetas y Rosas
17 de Septiembre	Mirador y E. Ramírez Calderon
18 de Septiembre	Juan Escutia (Frente a Cementos)
21 de Septiembre	Juan Escutia y Ho Chi Min
22 de Septiembre	Av. de las Industrias (Tec II)
23 de Septiembre	Vialidad Ch-P (Entre 80 y Secosa)

7.5 Resultados

A partir del análisis de los datos, se tuvieron que descartar cientos de ellos por las siguientes razones:

- Placas: Se descartaron valores de placas en virtud de que:
 - No fueron detectadas por el sensor.
 - El vehículo no contaba con placas.
 - Las placas no se encuentran dentro del padrón vehicular del Estado de Chihuahua.
 - El vehículo es *chueco* y no lleva placas.
- Monóxido de carbono: Los valores no fueron registrados adecuadamente en los sensores.
- Bióxido de carbono: Los valores no fueron registrados adecuadamente en los sensores.
- Hidrocarburos: Los valores no fueron registrados adecuadamente en los sensores.

Tabla 7.1: Promedio de las mediciones con el RSD-2000

Parámetro	Mediciones realizadas	Promedio	Desviación estándar
Monóxido de Carbono (CO) (ppm)	27 107	1.60	2.09
Bióxido de Carbono (CO ₂) (% Vol.)	37 586	13.35	1.97
Hidrocarburos (HC) (ppm)	32 581	428	849

Tabla 7.2: Factores de emisión calculados mediante el RSD

Compuesto	Factor de Emisión	Incertidumbre
	<i>(g/l)</i>	<i>(g/l)</i>
CO	152.3	199.4
CO ₂	1995.9	295.1
HC (propano)	6.4	12.7

En total se realizaron 46 331 mediciones, y considerando el promedio de todas las mediciones válidas se tienen los resultados que se muestran en la tabla 7.1.

Un resumen global de los resultados obtenidos para cada modelo se presenta en la tabla 7.4.

Partiendo de estos datos se han obtenido los factores de emisión que se presentan en la tabla 7.2 para la ciudad de Chihuahua.

En base a ellos, y considerando un consumo anual de gasolina de 377.8 millones de litros, los valores calculados para el inventario de emisiones quedan como se describe en la tabla 7.3.

Las figuras 7.2, 7.3 y 7.4 muestran la influencia del modelo del vehículo en la concentración de contaminantes del escape. Estos valores no incluyen a los vehículos extranjeros o con placas de otros estados.

Tabla 7.3: Inventario de emisiones vehiculares calculado mediante el RSD

Contaminante	Emisión
	Ton/año
Hidrocarburos	2,429
Monóxido de Carbono	57,536
Óxidos de Nitrógeno	No calculado

Tabla 7.4: Resumen de resultados del RSD-2000

Modelo	Mediciones realizadas	Med CO	Ave CO %	Med CO2	Ave CO2 %	Med HC	Ave HC %
1998	482	373	0.19	457	14.93	320	70
1997	499	376	0.33	473	14.75	364	88
1996	283	226	0.60	274	14.57	214	128
1995	271	219	0.65	260	14.47	231	174
1994	401	325	0.66	381	14.43	317	161
1993	593	367	1.24	505	13.77	464	288
1992	1002	649	1.53	876	13.52	780	254
1991	1008	615	1.76	878	13.33	802	299
1990	821	465	2.14	683	13.00	644	359
1989	661	376	2.00	561	13.04	520	461
1988	440	249	2.55	371	12.68	346	490
1987	384	181	2.02	306	12.85	281	506
1986	323	164	2.74	270	12.49	255	539
1985	412	225	2.56	336	12.74	310	581
1984	6777	3434	2.84	5579	12.37	4950	713
Sin Modelo	31974	18863	1.41	25376	13.56	21783	395
Totales	46331	27107		37586		32581	

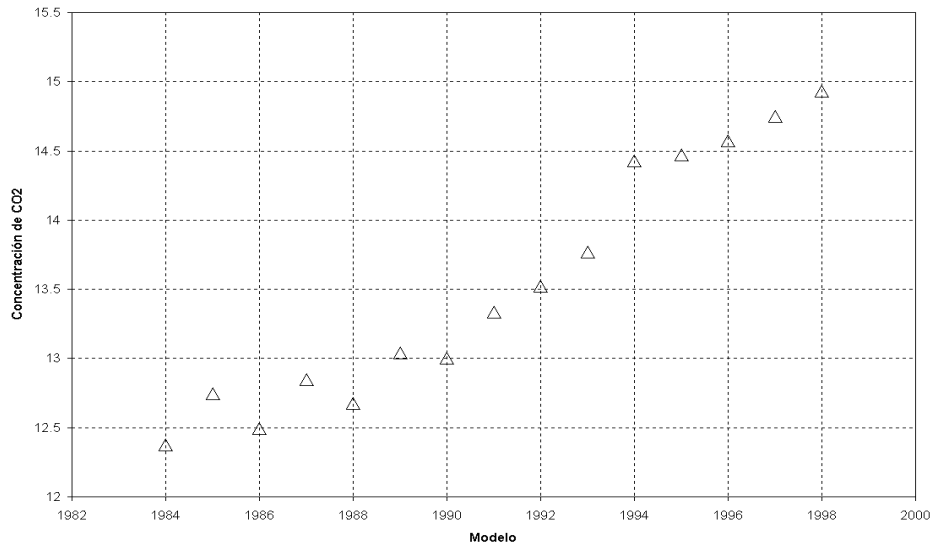


Figura 7.2: Emisión de bióxido de carbono vs. modelo

Las mediciones realizadas se distribuyen de diferente manera dependiendo del parámetro que se mide. En las figuras 7.5, 7.6 y 7.7 se puede ver la distribución de frecuencias para cada uno de los parámetros evaluados. Es de hacer notar que en el caso de hidrocarburos, el último punto con un valor de frecuencia de 271 corresponde a todos los valores de HC que se encontraron por encima de 5 000 ppm; mientras que en el caso del CO, el último punto corresponde a valores por encima de 12.5 ppm.

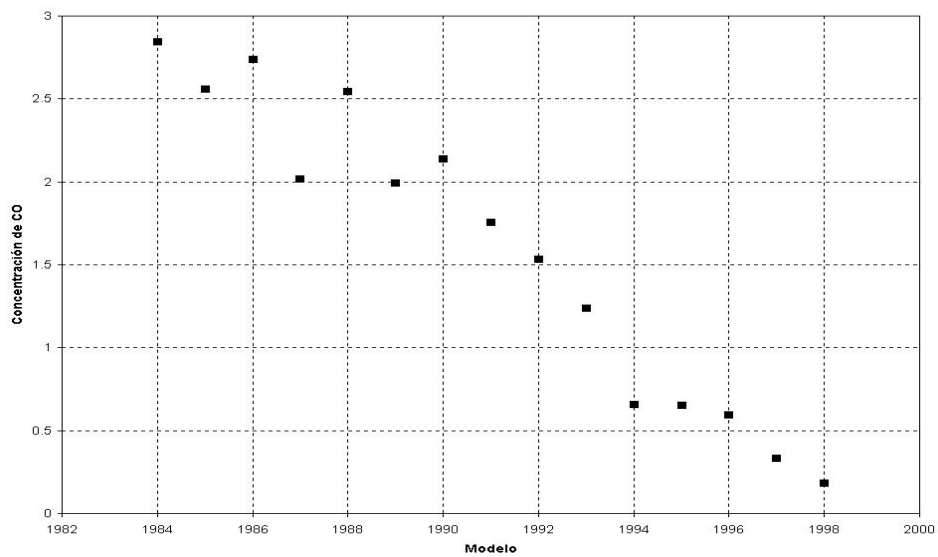


Figura 7.3: Emisión de monóxido de carbono vs. modelo

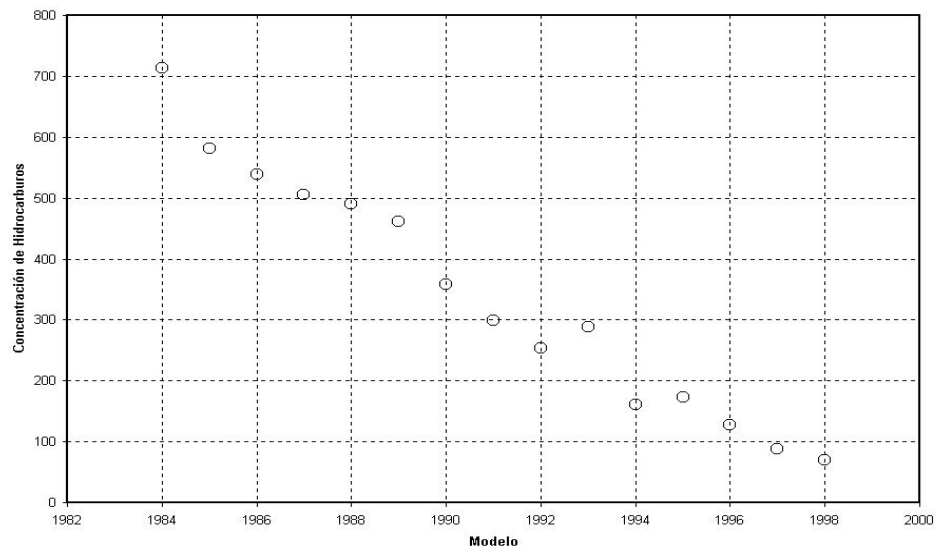


Figura 7.4: Emisión de hidrocarburos vs. modelo (HC reportado como C₃H₈)

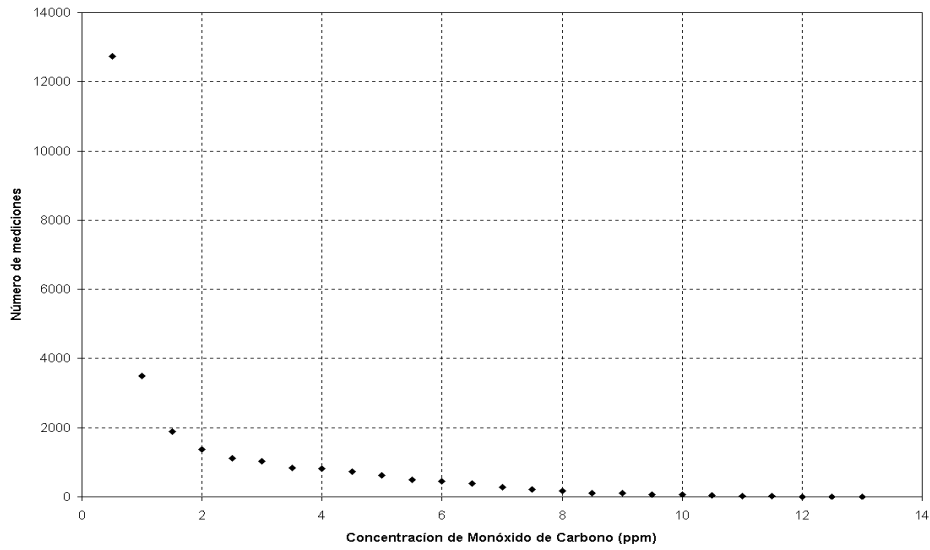


Figura 7.5: Distribución de las mediciones de monóxido de carbono

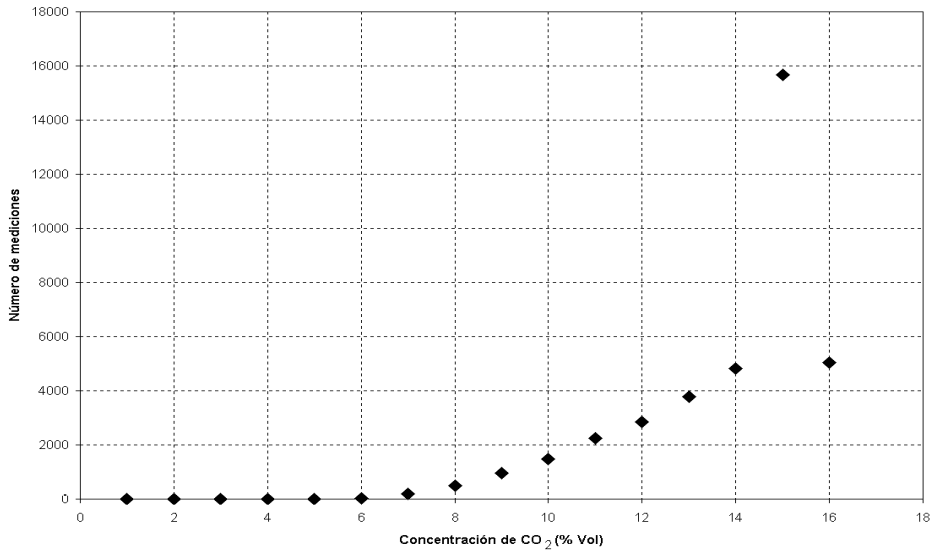


Figura 7.6: Distribución de las mediciones de bióxido de carbono

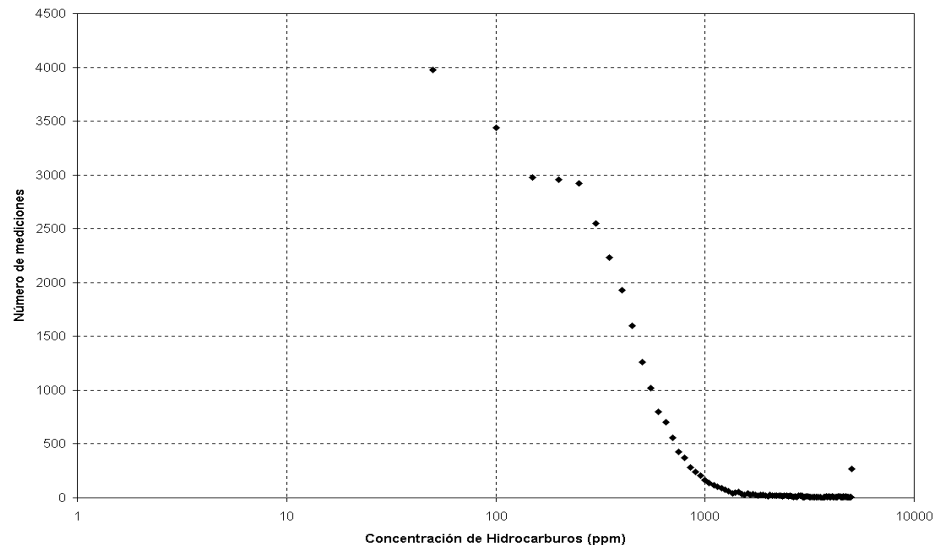


Figura 7.7: Distribución de las mediciones de hidrocarburos (HC reportado como C_3H_8)

8

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos para las tres estrategias de cálculo con Mobile5, y los datos obtenidos mediante las mediciones con el RSD-2000 se presentan en la tabla 8.1.

Tabla 8.1: Resumen de inventarios (toneladas por año)

Estrategia	Contaminante		
	HC	CO	NO _x
Mobile Juárez	12 742	99 582	6 482
Mobile Monterrey	15 232	118 348	7 774
1 ^a modificación	11 995	93 126	6 065
2 ^a modificación	12 404	98 363	6 652
RSD-2000	2 429	57 536	n.a.
Gob. Edo. 1997	2 847	33 361	4 490

Las diferencias significativas que se presentan son ocasionadas por diversos factores; en el caso de Hidrocarburos, no se han tomado en cuenta las fuentes evaporativas de emisión, como son:

- Evaporación de combustible del carburador al tener en marcha el vehículo.
- Evaporación de combustible del carburador al apagar el vehículo cuando el motor está caliente.
- Desprendimiento de vapores de gasolina al recargar el tanque.
- Evaporación ordinaria de gasolina en tanques mal sellados.

Los valores de las emisiones evaporativas dependen de factores tales como la edad del vehículo, si este usa o no carburador, el tipo de tanque de gasolina, etc. Estos valores no pueden ser incluidos en las mediciones con sensores remotos como el RSD-2000, sin embargo sí se calculan en modelos como el Mobile5.

En el caso de Chihuahua y de las adaptaciones de Mobile5 que se realizaron, los valores de inventario difieren bastante del obtenido mediante el RSD. Además de la diferencia debido a las pérdidas evaporativas deben revisarse las consideraciones que realiza Mobile5 para el cálculo de la emisión de manera que puedan conciliarse los inventarios.

Por otro lado también se consideró un rendimiento promedio de combustible de 6.8 Km/l para obtener el valor de KRV total correspondiente a Chihuahua, sin embargo al comparar los inventarios la diferencia sugiere que este valor puede ser mucho más bajo.

En el caso de los otros contaminantes como el CO, CO₂ y NO_x, la única fuente de emisión son los gases provenientes del escape, por lo que las diferencias sugieren modificar algunos otros valores de entrada para poder emplear el modelo Mobile5 en nuevos inventarios.

Estos resultados son diferentes a aquellos proporcionados por Gobierno del Estado que se encuentran en la tabla 3.4. Existen numerosas diferencias en los valores introducidos al modelo, y aún a pesar de las correcciones que deben realizarse, los valores de inventario obtenidos son más cercanos al inventario real que aquellos obtenidos anteriormente.

Los cálculos mediante modelos matemáticos resultan ser alternativas altamente eficientes siempre que se cuente con elementos para validarla. En este caso, se tiene esta aproximación que debe ser mejorada continuamente y nuevos datos irán modificando a los originales hasta llegar a un modelo que prediga acertadamente los niveles de contaminación por fuentes móviles en Chihuahua reduciendo las desviaciones a valores poco significativos.

En un futuro cercano se planea implementar un sistema de verificación vehicular en la ciudad. Es importante hacer notar que la estrategia de implementación debe buscar como objetivo un cumplimiento del 100% aún a pesar de la gran cantidad de vehículos *chuecos* en la ciudad. Es posible contemplar como alternativa que la iniciativa de verificación vehicular se convierta en estatal en lugar de municipal para poder cubrir a los vehículos de procedencia extranjera sin importar su localidad permanente. Las alternativas evaluadas en esta tesis ya han sido comentadas con personal de la Dirección de Ecología del municipio de Chihuahua y las perspectivas para la implantación definitiva del programa de verificación son cada vez más claras.

En 1999 se inició un programa de empadronamiento para vehículos extranjeros, y a partir de allí se ha logrado un censo confiable. En fecha reciente se ha publicado que el porcentaje de vehículos extranjeros que circulan en la ciudad aumentó de 33% a mediados de 1997 hasta un 49% a principios del 2000 a consecuencia de la iniciativa de empadronamiento.

Una de las etapas que conviene seguir a partir de aquí es implementar un sistema de verificación que incluya la recopilación de datos tales como kilometraje, condiciones de los dispositivos anticontaminantes y condiciones generales de los sistemas de almacenamientos y transporte de combustible.

Los datos utilizados en esta investigación provienen de fuentes muy diversas, una mejora futura para la labor de inventario sería contemplar algunos estudios exhaustivos de los modos

de manejo en la ciudad. Es de suponer que los valores de kilometraje recorrido por vehículos podrán obtenerse de los centros de verificación así como más información acerca de la condición del parque vehicular.

La emisión de contaminantes por fuentes móviles representa en las grandes ciudades más del 70% del total de la contaminación. En el caso de Chihuahua la situación puede ser similar y hasta podríamos suponer que el porcentaje es aún mayor considerando el tipo de industria de la ciudad. La estrategia de verificación vehicular es una alternativa poco costosa y la regulación puede obligar paulatinamente a modernizar el parque vehicular de la ciudad.

Es deseable que el modelo Mobile5 se convierta en un modelo estable para México. La existencia de diversas versiones con características diferentes complica innecesariamente la aplicación, especialmente para el cálculo de la matriz de equivalencia tecnológica cuando se encuentran presentes vehículos *chuecos* en el parque vehicular.



Resultados de la encuesta

A continuación se presentan los datos de la encuesta realizada para la recopilación de información del parque vehicular de la ciudad.

En general sólo se incluyen automóviles (Tipo 1) y camionetas ligeras (Tipo 2), que son los tipos de vehículos que utilizan gasolina para su funcionamiento. El resto de los vehículos utiliza diesel y no se considera que la cantidad de vehículos ilegales represente una fracción significativa.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
2	Chevrolet	Pick-up	76	300783	m	s	n.a.
1	Nissan	Sentra	87	148403	m	n	n
1	Ford	Mustang	80	59148	k	n	s
1	Ford	Taurus	86	15343	m	n	n
1	Chevrolet	Malibu	81	82058	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Cheyene	91	207850	k	s	n.a.
1	Dodge	Aries	86	98216	m	n	n
1	Ford		78	79852	k	n	s
2	Ford	Pick-up	90	95465	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	90	183000	k	s	n.a.
2	Dodge	Ram Charger	93	128021	k	s	n.a.
1	Ford	Topaz	89	201489	k	s	n.a.
1	Chrysler	Dart	84	77061	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	93	64601	k	s	n.a.
2	Chevrolet		66		k	s	n.a.
2	Ford	Aerostar	86	108404	k	n	n
2	Chevrolet		94	100000	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	68	21963	m	n	s
1	Dodge		81		m	n	n
2	Chevrolet	sierra Clasic	88	399744	k	s	n.a.
1	Dodge	Dart	80	18659	k	s	n.a.
1	Chrysler	Reliant K	81	283301	k	n	n
1	Ford	Tempo	85	97354	k	n	n
1	Nissan	Datsun 160J	82	10615	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	91	310062	k	s	n.a.
1	Toyota		79	14829	k	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Chrysler	Reliant K	85	23827	k	n	n
1	Datsun	Datsun 180J	82	17056	k	s	n.a.
1	Datsun	Datsun 210	80	190796	k	n	n
1	Nissan	Sentra	85	89985	k	n	n
1	Ford	Tempo	84		m	n	n
1	Ford	Mustang	80	67650	k	n	s
1	Ford	Fairmont	78	11832	k	s	n.a.
2	GMC		83	34202	k	n	n
1	Chrysler	Dart	84		k	s	n.a.
1	Nissan	Sentra	87	203276	k	n	n
1	Maverick	Mercury	62	33637	k	s	n.a.
3	Chevrolet		94	147123	k	s	n.a.
3	Dodge		84	299304	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Atalntic	81	194868	k	s	n.a.
2	Ford		84	208922	m	n	s
5	Yamaha	RX100	98	12329	k	s	n.a.
2	Ford		80	70034	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	85	30668	k	n	n
1	Chevrolet	Chevy	97	80895	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Golf	92	94244	k	s	n.a.
1	Datsun		81	237419	k	s	n.a.
2	Datsun		77		m	n	n
1	Chevrolet	Buick	86	157537	k	n	n
1	Chrysler	Aries	85	27752	k	n	n
1	Nissan	Sentra	83	286065	k	n	n
2	Ford	Club Wagon	80	283700	m	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Datsun		75	45627	k	s	n.a.
1	Chrysler		84	42311	m	n	n
2	Chevrolet	Cheyene	88	76195	k	s	n.a.
2	Chrysler	Voyager	87	203221	k	n	n
1	Mercury	Mercury	67	58164	k	s	n.a.
1	chrysler	Shadow	89	171216	k	s	n.a.
2	Dodge	Ram Charger	96	151322	k	s	n.a.
2	Datsun	Pick-up	79	197625	k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	92	10045	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Jetta	89		k	s	n.a.
1	Toyota	Camry	88	133300	k	n	n
1	Nissan	Tsuru	92	213920	k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	85		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	97	35548	k	s	n.a.
2	Chrysler	Voyager	89	143000	m	n	n
2	Nissan	King-cab	87	196167	m	n	n
1	Ford	Torino	73	301000	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	89	188864	m	n	n
1	Datsun	Datsun	81		k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	87	268962	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Buick	80	373915	k	n	n
1	Chevrolet	Citation	81	73943	m	n	s
1	Ford	Guia	92	836877	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Blazer	85	899798	m	n	n
1	Chevrolet	Buick	85	60690	m	n	s
1	Dodge	Panel	63		k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Volkswagen	Golf	87		m	n	n
1	Chrysler	Shadow	88	111000	m	n	n
1	Chevrolet	Eurosport	95	278844	k	s	n.a.
1	Nissan	Sentra	85	114971	k	n	n
1	Datsun		72	66780	k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	78	14522	k	s	n.a.
3	Chevrolet	Vannet	98	5410	k	s	n.a.
1	Ford	LTD	82	77793	k	n	s
1	Datsun		78	76622	k	n	s
1	Nissan	Tsuru	89	97505	k	n	s
2	Chevrolet		64	63537	k	n	s
2	Chevrolet	Custom de Luxe	84	45651	m	n	n
1	Chrysler	Shadow	91	200370	k	s	n.a.
1	Ford	Grand Marquis	85	59838	k	n	n
1	Datsun		78	134000	k	n	s
1	Volkswagen	Sedan	92	15743	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	94	22778	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	91	56338	k	s	n.a.
1	Ford	Mustang	78	96798	k	n	s
2	Jeep	Cherokee	85	126244	m	n	n
1	Chevrolet	Cavalier	83	83753	m	n	s
1	Ford	Taurus	89	120000	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	90	35754	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Custom	70	87625	m	n	s
2	Nissan	Datsun	76	30000	k	n	n
1	Ford	Grand Marquis	82		m	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
2	Ford	Ford 100	76	300000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cheyene	80	58525	m	n	s
1	Ford	Maverick	77	33884	m	n	s
1	Ford	Granada	82	93121	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	94	36238	k	s	n.a.
2	Ford	Pick-up	76	98328	m	n	s
1	Ford	Mustang	84	100095	m	n	s
1	Toyota	Corola	86	156370	k	n	n
1	Chevrolet	Celebrity	87	45068	m	n	n
1	Nissan		69	10408	k	n	s
1	Volkswagen	Atlantic	87	184652	k	s	n.a.
2	Ford	Bronco	85	95800	k	n	n
1	Volkswagen	Jetta	93	121347	k	s	n.a.
1	Datsun		76	62692	m	n	s
1	Ford	Mustang	79	16828	k	n	s
2	Nissan		94	129037	k	s	n.a.
1	Ford	Mustang	80	22101	k	n	s
1	Ford	Escort	89	16833	f	n	s
1	Volkswagen	Golf	93	180061	k	s	n.a.
2	Chevrolet	sierra Clasic	82		m	n	n
2	Ford	Ranger	86	31318	k	n	n
1	Nissan	Sentra	85	150000	k	n	n
2	Chrysler	Van Ram	98	4350	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Blazer	86	220000	k	n	n
1	Chrysler	Phantom	87	140491	k	n	n
1	Chevrolet		78	956425	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Datsun		79	108234	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	92	82755	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Citation	82		m	n	s
1	Nissan	Datsun	79	33474	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	90	98200	k	s	n.a.
1	Chrysler	Caravelle	86	40047	m	n	n
1	Ford	Topaz	86	45838	m	n	n
1	Chrysler		98	7971	k	s	n.a.
1	Ford	Lincoln	88	134228	m	n	n
1	Nissan	Tsuru	86	294459	k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	82	28408	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	91	126681	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	95	40000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Celebrity	86	96542	m	n	n
1	Ford	Sable	86	76951	m	n	n
1	Ford	Tempo	86	70994	m	n	n
1	Ford	Topaz	91	115417	k	s	n.a.
2	Ford	Pick-up	86	64343	m	n	n
1	Honda	Civic	82	202688	m	n	n
1	Chrysler	Lebaron	91	96881	m	n	n
1	Ford	Topaz	89	160000	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	97	14917	k	s	n.a.
5	Honda	Interceptor	85	35668	k	s	n.a.
2	Nissan	Tsuru	91		k	s	n.a.
1	Datsun		83	61129	k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	90	107457	k	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Ford	Falcon	70	387675	k	n	n
1	Ford	Topaz	84	32047	k	n	n
1	Toyota	Corola	84	173091	k	n	n
1	Volkswagen	Derby	95	65675	k	s	n.a.
1	Chrysler	Phantom	87		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Malibu	81	94507	k	s	n.a.
1	Ford	Taurus	88	11801	k	n	n
1	Ford		79		m	n	s
1	Volkswagen	Jetta	97	52802	k	s	n.a.
1	Chrysler	Stratus	96	36295	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Golf	86	14840	k	n	n
1	Chevrolet	MonteCarlo	83		m	s	s
1	Chevrolet	Cavalier	94	72799	k	s	n.a.
1	Chrysler	Neon	98	2381	k	s	n.a.
1	Ford	LTD	84	46281	k	s	n.a.
1	Ford	Guia	92	135000	k	s	n.a.
2	Dodge	Ram Charger	92	67835	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	94	44107	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Caribe	79	231000	k	s	n.a.
2	Ford	Ranger	98	9012	k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	80	191674	m	n	s
1	Dodge	Dart	75		k	s	n.a.
1	Chrysler	Lebaron	85	189642	k	n	n
1	Nissan	Datsun	86	160367	m	n	n
2	Chevrolet	Silverado	98	20000	k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	81	365099	m	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
2	Chevrolet	Blazer	72		k	s	n.a.
1	Chrysler	Lebaron	93	90457	k	s	n.a.
1	Ford	Explorer	97	38239	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	94	80262	k	s	n.a.
1	Ford	Escort	82	78769	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	74	52126	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	98	11009	k	s	n.a.
1	Ford	Cougar	88		m	n	n
2	Ford	Custom	79	123000	m	n	n
1	Nissan	Tsuru	97	17272	k	s	n.a.
1	Chrysler	Dart	77	12297	m	s	n.a.
1	Volkswagen	Golf	86	17491	k	n	n
1	Volkswagen	Caribe	81		m	n	n
1	Chevrolet	Beretta	89	171361	k	n	s
1	Volkswagen	Fox GL	89	107000	k	n	n
2	ford	courier	72	77826	k	s	n.a.
1	Chevrolet		88	142210	m	n	n
2	Chevrolet	Silverado	78	88232	k	s	n.a.
3	Chevrolet	Camión 3 tons	86	102321	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	86	33230	m	n	s
1	Chevrolet	Buick	85	53754	k	n	n
1	Nissan	Tsuru	87	145816	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	89		k	s	n.a.
1	Nissan	Datsun	79		m	n	s
1	Ford	Taurus	88	71880	m	n	n
2	Dodge	Pick-up	65		k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Chevrolet	Buick	80	72667	m	n	s
1	Ford	Tempo	82	57449	m	n	s
1	Honda		80	58154	k	n	n
1	Chevrolet	Chevy Luv	80		m	n	s
2	Chevrolet	Cheyene	79	32168	k	n	s
1	Buick	Century	85	104968	k	n	n
2	Chevrolet		79		m	n	s
2	Datsun		79	1773	m	n	n
1	Nissan	Pulsar	86	122758	k	n	n
1	Nissan	Sentra	83	113788	k	n	n
1	Chrysler		84	27422	k	n	n
1	Chrysler	Spirit	90	121871	k	s	n.a.
2	Chrysler	Voyager	84	5479	m	n	n
1	Chrysler	Spirit	91	11206	k	s	n.a.
1	Chevrolet		87	130031	k	n	n
1	Volkswagen	Sedan	74		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Camaro	77		m	n	s
2	Chrysler	Plymouth	89	15893	k	n	n
2	Hyndai	Cott Vistar	88	155388	k	n	n
1	Chevrolet	Chevy	97	49431	k	s	n.a.
2	Ford	F150	94	88743	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	87	98948	m	n	n
4	Ford			82291	m	n	n
1	Dodge	Dart	79	139802	m	n	n
2	Dodge	Pick-up	81	32349	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	85	38849	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
4	Dodge	Camión 3 tons	75		k	s	n.a.
1	Chevrolet		81		m	n	s
1	Chevrolet	Grand Prix	78	71775	m	n	s
2	Ford	Ranger	88	237000	m	n	n
1	Chevrolet	Cutlass	84	177720	k	n	s
1	Ford	Mustang	79		m	n	s
1	BM	Hornet	73	550714	m	n	s
1	Chevrolet	Celebrity	86	20638	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	77		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Corsica	89	181999	k	n	n
2	Datsun		76	72650	k	s	n.a.
1	Ford	Topaz	93	88000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Citation	80	27594	k	n	n
2	Chevrolet	Scottsdale	77	10954	k	n	s
1	Volkswagen	Sedan	95	43635	k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	94	86405	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Jetta	94	118000	k	s	n.a.
1	Ford	Ghia	93	85602	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	95	22743	k	s	n.a.
2	Nissan	Tsuru	90	119648	k	n	n
2	Datsun	Tsuru	86	234388	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Caribe	83		k	s	n.a.
1	Nissan	Sentra	85	210668	k	n	n
1	Volkswagen	Atlantic	84	159498	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru II	90	186828	k	s	n.a.
1	Datsun		81	34364	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Chrysler	Spirit	93	83000	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	92	93403	k	s	n.a.
1	Ford	Ghia	93	73832	k	s	n.a.
1	Nissan	Sentra	84	121314	k	n	n
1	Nissan	Tsuru	93	122240	k	s	n.a.
1	Nissan	Stakita	89	145174	k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	93	85318	k	s	n.a.
1	Chevrolet		79	41122	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	94	92641	k	s	n.a.
1	Chevrolet		80	245000	m	s	n.a.
1	Datsun		83	243415	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	92	85646	k	s	n.a.
1	Chrysler	Concorde	93	39122	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	94	97807	k	s	n.a.
1	Ford	Tempo	89	86600	m	n	n
1	Nissan	Tsuru	97	6900	k	s	n.a.
1	Dodge	Caravan	92	95880	k	n	n
1	Honda	Accord	89	45125	m	n	n
1	Chevrolet	Century	92	98528	k	s	n.a.
1	Pontiac	Fiero	86	116268	m	n	n
1	Jeep	Cherokee	85	125355	m	n	n
2	Nissan		84	78894	m	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	98	1320	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	72	89528	k	s	n.a.
1	Ford	Fairmont	82		m	n	n
1	Buick	Buick	88	114132	k	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Nissan	Pick-up	85		m	n	n
1	Dodge	Dart	84	31609	k	s	n.a.
1	Dodge	Dart	84		k	s	n.a.
1	Datsun	Datsun	81	116000	k	s	n.a.
1	Ford	Aerostar	89	75238	m	n	n
2	Chevrolet	Pick-up	65		k	s	n.a.
1	Datsun		87	65418	k	s	n.a.
2	Ford	Pick-up	76		m	n	s
2	Chevrolet	Blazer	89	172962	k	s	n.a.
1	ford	Escort	90	164000	m	n	n
1	Chrysler	Lebaron	86	173421	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	97	26729	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	93	193483	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Cherokee	85	145728	k	n	n
1	Nissan	Tsuru II	90	89247	k	s	n.a.
1	Ford	Topaz	86	144266	k	s	n.a.
1	Ford	Maverick	78	51406	k	s	n.a.
1	Datsun	Datsun	83	237544	k	n	n
1	Ford	Tempo	85	13252	m	n	n
2	Ford	Bronco	92	158605	k	n	n
1	Chrysler	Shadow	90	140790	k	s	n.a.
4	Dodge	Dodge Ram	82	70092	m	n	n
1	Nissan	Tsuru II	88		k	s	n.a.
1	Renault		84		m	n	n
2	Chevrolet	Silverado	81		k	n	s
1	Chevrolet	Dodge 600Es	84		m	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
2	Chevrolet	Chevy Luv	81	18968	k	n	s
1	Volkswagen	Sedan	90	80821	k	s	n.a.
2	Ford	Custom	79		m	n	s
1	Grambler		78	267405	k	s	n.a.
1	Datsun	Datsun	81	186996	k	n	n
1	Volkswagen	Sedan	95	53004	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	92	63661	k	s	n.a.
1	Datsun		81	11463	k	s	n.a.
1	Ford	Topaz	87	27098	m	n	n
3	Ford		73	67031	k	s	n.a.
1	Chrysler	Lebaron	73	17928	m	s	n.a.
2	Volkswagen	Combi	84	55287	k	s	n.a.
2	Ford		90	27766	k	s	n.a.
1	Ford	LTD	80	53408	m	n	n
1	Chevrolet	Caprice	80	88343	m	n	s
1	Nissan	Tsuru	91	92402	k	s	n.a.
4	Chevrolet		80	58999	k	n	s
1	Chrysler	Neon	97	66907	k	s	n.a.
1	Ford	Escort	88	719251	m	n	n
1	Chrysler	Neon	97	50175	k	s	n.a.
1	Ford	Citation	80		m	n	s
2	Ford	Bronco	86	652860	m	n	n
1	Chrysler	Lebaron	84	118000	m	n	n
1	Volkswagen	Jetta	87	180760	m	n	n
1	Nissan	Pick-up	83	215227	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	98	3304	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Nissan	Mazda	82	134500	m	n	s
2	Toyota	Pick-up	86	76187	m	n	n
4	Chevrolet	Custom	79		k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	89	138231	k	s	n.a.
4	Ford	Ford 600	68		k	s	n.a.
2	Chevrolet	Chevy	77	139728	m	n	s
4	Mercedes		93	86213	k	s	n.a.
4	Ford	Ford 600	80		k	s	n.a.
4	Internacional Famsa		83		m	n	n
1	Chevrolet	Celebrity	84	78232	m	n	n.a.
2	Dodge	Pick-up	82	106210	k	s	n.a.
1	Chrysler		76	13194	k	s	n.a.
2	Chrysler	Caravan	89	11999	m	n	n
1	Datsun		74	64873	m	n	s
2	GMC		68	62805	k	s	n.a.
1	Ford	Mustang	82	12390	m	n	n
1	Ford	Tempo	85	69469	m	n	n
1	Ford	Fairmont	82	80552	m	n	s
2	Ford	Courier	81	99131	m	n	s
2	Chevrolet		97	36248	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	93	65796	k	s	n.a.
1	Chrysler	Dinasty	90	12855	m	n	n
2	Ford	Ford 100	70		k	s	n.a.
1	Volkswagen	Caribe	79	22459	k	s	n.a.
1	Chrysler	Lebaron	88		m	n	n
2	GMC	Sierra	84		m	n	s

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Ford	Mustang	78	44939	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	76	57832	k	s	n.a.
2	Ford	Lobo	98	37000	k	s	n.a.
1	Ford	Guayin	78	75726	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	92	120720	k	s	n.a.
1	Chrysler	Spirit	93	115185	k	s	n.a.
1	Chevrolet		82	247103	k	s	n.a.
2	Nissan	King-cab	82		k	s	n.a.
1	Ford	Mustang	78	235891	m	n	s
1	Chevrolet	Cutlass	84	62383	m	n	n
2	Chevrolet	Pick-up	65		k	s	n.a.
1	Chevrolet		83	73613	m	n	n
4	Chrysler	Dodge Ram	98	7232	k	s	n.a.
2	Volkswagen	Combi	82		k	s	n.a.
1	Ford	LTD	85	56989	m	n	n
2	Nissan		92	80799	k	s	n.a.
1	Chrysler		86	130000	m	n	n
1	Nissan	Sentra	86	143486	m	n	n
1	Dodge		77		k	s	n.a.
2	Chevrolet		87	101360	m	n	n
1	Chrysler	Volare	89	21480	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	85	75510	m	n	n
1	Volkswagen	Caribe	80		m	n	s
1	Chrysler	Spirit	98	11550	m	n	n
1	Ford	Topaz	86	312282	m	n	n
1	Chevrolet	Chevy Nova	75	85220	m	n	s

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Chrysler	Orizont	80	19618	m	n	s
1	Chevrolet	Cutlass	88	146981	m	n	n
2	Datsun		77	23149	m	n	s
2	Chevrolet		79	38545	m	n	s
2	Toyota		78	88745	m	n	n
1	Chevrolet	Buick	83		m	n	n
1	Nissan	Tsuru	94	100000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	96	96521	m	n	n
1	Chevrolet	Chevy	97	62504	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	87		m	n	n
1	Nissan	Sentra	86	139854	m	n	n
2	Chevrolet	Blazer	96	55000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Citation	81	28750	m	n	n
1	Nissan	Datsun	79		m	n	s
2	Chevrolet		84	208645	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	88	88834	m	n	n
1	Nissan		84	158088	m	n	n
2	Nissan	Datsun	78	223226	m	n	s
2	Chevrolet	Scottsdale	79	98452	m	n	s
1	Ford	Fairmont	81	76906	m	n	s
2	Chevrolet	Blazer	70		k	s	n.a.
1	Chrysler	New Yorker	91	128079	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	88	88323	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Century	83	137477	m	n	n
1	Ford	Grand Marquis	84	25460	m	n	s
1	Chrysler	Lebaron	85	19320	k	n	n

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Ford	Topaz	89	73258	k	s	n.a.
1	Chrysler	Phantom	88	17635	m	n	n
1	Volkswagen	Golf	87	9005	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	86	102539	m	n	n
1	Ford	Tempo	88	34736	m	n	n
1	Nissan	Tsuru	87	114614	m	n	n
1	Datsun	Sedan	71	99630	k	s	n.a.
5	Islo		76		k	s	n.a.
2	Ford	Aerostar	87	140196	m	n	n
1	Chrysler	Spirit	91	11535	k	s	n.a.
1	Chrysler	Stratus	96	55000	k	s	n.a.
1	Ford	Grand Marquis	85	18856	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	89	28410	k	s	n.a.
2	Chrysler	Town Country	98	14000	k	s	n.a.
1	Chrysler	Shadow	88	121775	m	n	n
2	Chevrolet	Suburban	88	840000	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	97	571462	k	s	n.a.
1	Nissan	Pick-up	91	171349	k	s	n.a.
2	Dodge	Ram	86	73782	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	96	436197	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cavalier	92	838152	k	s	n.a.
1	Chrysler	Ram Charger	92	102933	k	s	n.a.
1	Ford	Tempo	85	962989	m	n	n
1	Ford	F200 XLT	92	103433	k	s	n.a.
1	Nissan	240 SX	90	890000	m	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	94	84858	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Nissan	Tsuru	92	67465	k	s	n.a.
1	Ford	Grand Marquis	85	41036	m	n	s
1	Volkswagen	Jetta	98	2050	k	s	n.a.
1	Ford	Ghia	94	53833	k	s	n.a.
1	Dodge	Dart	78		k	s	n.a.
2	Ford	F150	86	85322	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	78	51233	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Buick	96	66866	k	s	n.a.
2	Nissan	Estaca	91		k	s	n.a.
1	Ford	Grand Marquis	92	72000	k	s	n.a.
2	Dodge	Ram	95	135785	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Celebrity	84	51622	m	n	s
2	Nissan	Datsun	78	133206	k	s	n.a.
2	Volkswagen	Combi	82	39138	k	s	n.a.
1	Ford	Tempo	85	62674	m	n	n
2	Ford		77	87149	m	n	n
5	Yamaha		82	26300	m	n	n
2	Chevrolet	Cheyene	90	105436	k	s	n.a.
1	Chevrolet		80	61910	k	s	n.a.
2	Chrysler	Dodge	75		k	s	n.a.
4	Ford		75	245000	k	s	n.a.
2	Oldsmobile		90	137102	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	77		k	s	n.a.
1	Nissan	Pick-up	85	394522	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	88	132473	k	s	n.a.
1	Chrysler	Oryson	79	131952	m	n	s

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Ford	Escort	83	104644	m	n	s
1	Dodge	Aries	82		m	n	s
2	Nissan	Pick-up	91	239528	k	s	n.a.
1	Ford	Ghia	92	38000	k	s	n.a.
2	Ford	F150	92	175000	k	s	n.a.
2	Ford	Ranger	84		m	n	n
1	Nissan	Datsun	80		m	n	s
1	Ford	Grand Marquis	84	192513	m	n	s
4	Chevrolet	Camión 3 tons	75		k	s	n.a.
2	Chevrolet	Cheyene	79	134526	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Cutlass	82	96320	m	n	n
1	Chrysler	Shadow	90	120400	k	s	n.a.
1	Chrysler	Century	84	32102	m	n	n
1	Ford	Mustang	86	38792	m	n	s
1	Chevrolet	Cavalier	94	56720	k	s	n.a.
1	Ford	Mustang	80	138320	m	n	s
2	Ford	F150	88	96231	k	s	n.a.
1	Datsun	Tsuru	94	137003	k	s	n.a.
1	Ford	Tempo	85	3731	m	n	n
1	Century	Century	86	143036	k	s	n.a.
2	Chevrolet		66			n	n
2	Ford	Courier	73	57391	k	n	s
1	Volkswagen	Sedan	82			s	n.a.
2	Ford	F150	75			n	n
1	Datsun	Datsun	81	0	m	n	s
2	Ford		80	22463	m	n	s

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Ford	Cutlass	89	158470	k	n	n
1	Buick	Century	87	677376	k	n	n
1	Datsun	Datsun	79	34787	k	s	n.a.
2	Chrysler	Voyager	86	132566	k	n	n
1	Ford	Fairmont	82	1923	m	n	n
2	Ford	F100	59	100	m	s	n.a.
2	Ford	Econoline	77	22737	k	n	n
2	Ford	Custom	66	231429	k	s	n.a.
2	Datsun	Estaca	77			s	n.a.
1	Ford	Topaz	85	159610	k	n	s
1	Ford	LTD	79	2065716	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Custom	70	62517	k	n	n
1	Honda	XL1255	80	999	m	n	s
3	Dodge		76			s	n.a.
1	Ford	Tempo	88	1228	m	n	n
2	Dodge	RAM	87	34993	m	n	n
1	Ford	Maverick	73	2066369	k	s	n.a.
1	Datsun	Datsun	80	194640	k	n	s
2	Chevrolet	Silverado	82	33919	k	s	n.a.
2	Chevrolet	1500	91	2001806	k	s	n.a.
2	Dodge	Dodge 100	60	68747	k	n	s
2	Ford		69	39155	k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	80	4788	k	n	n
1	Chevrolet		80	163025	k	n	n
1	Chevrolet	Century	84	709	k	n	n
1	Volkswagen	Sedan	75			s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
2	Ford	Ranger	80	18446	m	n	s
2	Chevrolet		89	115150	k	s	n.a.
2	Ford	Explorer	74	62321	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Grand Prix	82	30961	m	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	90	98622	k	s	n.a.
2	Ford	F150	88	107444	k	s	n.a.
1	Nissan	Tsuru	92	85329	k	s	n.a.
1	Ford	Taurus	88	21625	m	s	n.a.
1	Chevrolet	Chevelle	79	33925	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Citation	82		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Blazer	84	23033	m	n	n
1	Datsun	Datsun	80	19985	m	n	n
1	Nissan		94	10000	k	s	n.a.
1	Datsun		62	68064	m	s	n.a.
1	Ford	Cougar	85	126621	k	n	n
2	Nissan	Nissan	88	138711	m	n	n
2	Chevrolet	Pick-up	70	64465	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	93	49341	k	s	n.a.
1	Chevrolet	Nova	87		m	s	n.a.
1	Chevrolet	Buick	84	94262	m	n	n
1	Ford		79	69889	m	n	n
2	Chevrolet	Jeep	82	89999	m	n	n
1	Ford	Fairmont	78		k	n	n
2	Ford	Aerostar	88	5774	m	n	n
2	Chevrolet	Safare	85	74829	m	n	n
1	Volkswagen	Sedan	76	63972	k	s	n.a.

Tipo de Vehículo	Marca	Línea	Año	Odómetro	Unidades	Nacional	Regularizado
1	Chevrolet	Malibu	83		k	n	s
2	Chevrolet	Luv	97		k	s	n.a.
2	Ford	Econoline	87	29912	m	n	n
2	Chevrolet	Pick-up	72		m	n	n
1	Ford	Aerostar	87	31600	k	n	n
2	Chevrolet	Pick-up	94	6221	k	s	n.a.
2	Ford	Lobo	97	22500	k	s	n.a.
2	Datsun	King-cab	81	111727	m	n	n
1	Datsun		74		m	n	s
1	Ford	Taurus	90	145626	k	s	n.a.
1	Volkswagen	Sedan	68		k	s	n.a.
2	Chevrolet	Pick-up	62		k	s	n.a.
1	Chevrolet	Chevy nova	76		k	s	n.a.
1	Ford	Mercury	81		k	s	n.a.
1	Volkswagen	Jetta	86	93000	k	n	n
1	Dodge		89	13337	m	n	n
2	Chevrolet		75			n	s
2	Chevrolet	S10	82		m	n	n
1	Dodge	Caravan	86	56236	m	n	n
2	Ford	Pick-up	90	69536	k	s	n.a.
2	Ford	Pick-up	80	55454	k	s	n.a.

Tabla A.1: Datos recopilados durante la encuesta

B

Archivos de Mobile 5

A continuación se incluyen unos ejemplos de los archivos que se generaron a partir de los datos recopilados, así como también los archivos generados por el programa Mobile 5 Monterrey.

B.1 Corrida de inventario

Fecha de generación de Archivos: 10 de agosto de 1998

B.1.1 Archivo de entrada

A continuación se presenta el archivo de entrada de Mobile-Monterrey que fue utilizado para el cálculo del inventario de emisiones con las modificaciones para Chihuahua.

```
1          PROMPT -
MOBILE5a - Chihuahua Mexico, Input file
1          TAMFLG -
1          SPDFLG -
3          VMFLAG - Adapted mix from Percentages in Chih. and Cd. Juarez
5          MYMRFG -
5          NEWFLG - wo CAAA
1          IMFLAG -
1          ALHFLG -
1          ATPFLG -
1          RLFLAG -
1          LOCFLG - enter LAP record once
1          TEMFLG -
4          OUTFMT - format for printing
4          PRTFLG - print exhaust HC, CO and NOx results
1          IDLFLG - print idle exhaust
1          NMHFLG - print VOC
2          HCFLAG - print HC components
.602.238.065.066.000.000.023.006
1 98 24.1 20.0 19.6 19.7 30.0 1
PrimaBajo98  MX A 10.0 27.0 09.5 09.5 93 1 1 1
1 98 40.2 20.0 19.6 19.7 30.0 1
```

```

PrimMedio98  MX A 10.0 27.0 09.5 09.5 93 1 1 1
1 98 56.3 20.0 19.6 19.7 30.0 1
PrimAlto98   MX A 10.0 27.0 09.5 09.5 93 1 1 1
1 98 24.1 30.0 19.6 19.7 30.0 1
VeranBajo98  MX A 20.0 39.0 08.4 08.4 93 1 1 1
1 98 40.2 30.0 19.6 19.7 30.0 1
VeranoMed98  MX A 20.0 39.0 08.4 08.4 93 1 1 1
1 98 56.3 30.0 19.6 19.7 30.0 1
VeraAlto98   MX A 20.0 39.0 08.4 08.4 93 1 1 1
1 98 24.1 15.0 19.6 19.7 30.0 1
OtonoBajo98  MX A 04.5 26.0 10.0 10.0 93 1 1 1
1 98 40.2 15.0 19.6 19.7 30.0 1
OtonMedio98  MX A 04.5 26.0 10.0 10.0 93 1 1 1
1 98 56.3 15.0 19.6 19.7 30.0 1
OtonAlto98   MX A 04.5 26.0 10.0 10.0 93 1 1 1
1 98 24.1 05.0 19.6 19.7 30.0 1
InvieBajo98  MX A -10.0 12.0 10.8 10.8 93 1 1 1
1 98 40.2 05.0 19.6 19.7 30.0 1
InvierMed98  MX A -10.0 12.0 10.8 10.8 93 1 1 1
1 98 56.3 05.0 19.6 19.7 30.0 1
InviAlto98   MX A -10.0 12.0 10.8 10.8 93 1 1 1

```

92

B.1.2 Archivo de salida

A continuación se presenta parte de los datos generados por Mobile-Monterrey para el archivo de entrada anterior. Sólo se incluyen los resultados correspondientes a la primavera.

1

MOBILE5-MMAp version 5a.1

Input Speed should be in km/hr
Input Temperatures should be in Celsius

March 31, 1995
Radian Corporation

1MOBILE5a - Chihuahua Mexico, Input file

Based on EPA-MOBILE5a (26-Mar-93)

0

-M135 Warning:

+ All effects of the 1990 Clean Air Act Ammendments have been disabled.

0Total HC emission factors include evaporative HC emission factors.

0

0Emission factors are as of Jan. 1st of the indicated calendar year.

0Cal. Year: 1998 Region: Low Altitude: 500. Ft.

 I/M Program: No Ambient Temp: 22.4 / 22.4 / 22.4 C

 Anti-tam. Program: No Operating Mode: 19.6 / 19.7 / 30.0

 Reformulated Gas: No

0PrimaBajo98 MX

 Minimum Temp: 10. (C) Maximum Temp: 27. (C)

 Period 1 RVP: 9.5 Period 2 RVP: 9.5 Period 2 Yr: 1993

0Veh. Type: LDGV LDGT1 LDGT2 LDGT HDGV LDDV LDDT HDDV MC All Veh

+

Spd Km/hr: 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1

 VMT Mix: 0.602 0.238 0.065 0.066 0.000 0.000 0.023 0.006

0Composite Emission Factors (grams/kilometer)

Total HC: 4.94 5.81 7.54 6.18 9.87 1.24 1.15 2.90 11.33 5.63

Exhst HC: 3.25 4.00 5.11 4.24 6.38 1.24 1.15 2.90 8.40 3.78

Evap. HC: 0.88 0.99 1.34 1.06 2.08 2.61 1.00


```

O Cal. Year: 1998           Region: Low           Altitude: 500. Ft.
                          I/M Program: No         Ambient Temp: 22.4 / 22.4 / 22.4 C
                          Anti-tam. Program: No    Operating Mode: 19.6 / 19.7 / 30.0
                          Reformulated Gas: No
OPrimAlto98   MX
                Minimum Temp: 10. (C)   Maximum Temp: 27. (C)
                Period 1 RVP: 9.5       Period 2 RVP: 9.5   Period 2 Yr: 1993
OVeh. Type:   LDGV   LDGT1  LDGT2  LDGT   HDGV   LDDV   LDDT   HDDV   MC   All Veh
+
  Spd Km/hr:  56.3   56.3   56.3           56.3   56.3   56.3   56.3   56.3
  VMT Mix:    0.602  0.238  0.065           0.066  0.000  0.000  0.023  0.006
OComposite Emission Factors (grams/kilometer)
Total HC:    2.80   3.33   4.27   3.53   4.95   0.64   0.60   1.50   7.34   3.16
Exhst HC:    1.49   1.90   2.37   2.00   2.10   0.64   0.60   1.50   4.41   1.70
Evap. HC:    0.88   0.99   1.34   1.06   2.08                   2.61   1.00
Refuel HC:   0.13   0.16   0.16   0.16   0.25                   0.14
Runing HC:   0.22   0.21   0.34   0.24   0.45                   0.24
Rsting HC:   0.08   0.07   0.05   0.07   0.07                   0.32   0.07
Exhst CO:    16.07  20.10  23.52   0.00  45.39   0.00   0.00   4.59  14.64  19.17
Exhst NOX:   1.99   2.29   2.71   0.00   4.46   0.00   0.00  12.31  0.30   2.50
-----

```

96

B.2 Datos de Mobile

A continuación se incluyen los archivos específicos de Mobile-Monterrey que fueron modificados para realizar el inventario de emisiones.

B.2.1 MONTMAP.INP

A continuación se incluye la matriz de equivalencia tecnológica para las condiciones de Chihuahua.

MY	MYEXH								MYEVAP							
1971	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1971	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969
1972	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1971	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1969
1973	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971	1971
1974	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972
1975	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972
1976	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972
1977	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1978	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1979	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1974	1973	1973	1973	1973	1973	1973	1973
1980	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1981	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1982	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975	1975
1983	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976
1984	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977
1985	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977
1986	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978
1987	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979
1988	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1980	1983	1983	1983	1982	1982	1982	1982
1989	1983	1982	1982	1982	1982	1982	1982	1982	1982	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984
1990	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986
1991	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1986	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987
1992	1989	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1989	1989	1989	1989	1989	1989	1989
1993	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
1994	1992	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992
1995	1994	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993
1996	1995	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1994	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995

1997 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996 1996
 1998 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997 1997
 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999 1999
 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000 2000
 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001 2001

B.2.2 REGMAR.INP

A continuación se incluye el archivo en el que se encuentra la distribución de los vehículos por modelo y las millas recorridas por año para cada modelo. Éstas últimas *no fueron modificadas*.

c Mexican fractions
 .037, .013, .016, .020, .024, .029, .034, .038, .043, .047,
 .051, .054, .056, .056, .056, .054, .052, .049, .045, .040,
 .035, .031, .026, .022, .073,
 .037, .013, .016, .020, .024, .029, .034, .038, .043, .047,
 .051, .054, .056, .056, .056, .054, .052, .049, .045, .040,
 .035, .031, .026, .022, .073
 .037, .013, .016, .020, .024, .029, .034, .038, .043, .047,
 .051, .054, .056, .056, .056, .054, .052, .049, .045, .040,
 .035, .031, .026, .022, .073
 .090, .021, .025, .023, .030, .035, .041, .045, .030, .044,
 .053, .061, .054, .039, .045, .029, .050, .056, .052, .031,
 .028, .028, .031, .034, .025,
 .037, .013, .016, .020, .024, .029, .034, .038, .043, .047,
 .051, .054, .056, .056, .056, .054, .052, .049, .045, .040,
 .035, .031, .026, .022, .073,
 .037, .013, .016, .020, .024, .029, .034, .038, .043, .047,
 .051, .054, .056, .056, .056, .054, .052, .049, .045, .040,
 .035, .031, .026, .022, .073

.030, .010, .006, .014, .021, .029, .025, .025, .022, .035,
 .051, .050, .089, .076, .052, .047, .067, .078, .071, .059,
 .037, .031, .039, .029, .007,
 .007, .007, .006, .006, .006, .006, .009, .009, .114, .116,
 .117, .597, .000, .000, .000, .000, .000, .000, .000, .000,
 .000, .000, .000, .000, .000

c mileage distributions

.25000, .24200, .18210, .13885, .10775, ldgv
 .08539, .06932, .05775, .04946, .04346, ldgv
 .03916, .03606, .03384, .03224, .03109, ldgv
 .03026, .02967, .02924, .02893, .02871, ldgv
 .02855, .02844, .02836, .02830, .02826, ldgv
 .25000, .24200, .18210, .13885, .10775, ldt1
 .08539, .06932, .05775, .04946, .04346, ldt1
 .03916, .03606, .03384, .03224, .03109, ldt1
 .03026, .02967, .02924, .02893, .02871, ldt1
 .02855, .02844, .02836, .02830, .02826, ldt1
 .17608, .16217, .14937, .13758, .12671, ldgt2
 .11671, .10749, .09901, .09119, .08399, ldgt2
 .07736, .07125, .06562, .06044, .05567, ldgt2
 .05127, .04723, .04350, .04006, .03690, ldgt2
 .037 , .037 , .037 , .037 , .037 , ldgt2
 .18211, .16767, .15437, .14213, .13086, hdgv
 .12048, .11093, .10213, .09403, .08657, hdgv
 .07971, .07339, .06757, .06221, .05728, hdgv
 .05273, .04855, .04470, .04116, .03789, hdgv
 .038 , .038 , .038 , .038 , .038 , hdgv
 .17825, .16478, .15233, .14081, .13017, lddv
 .12033, .11124, .10283, .09506, .08788, lddv


```

.08123, .07509, .06942, .06417, .05932, lddv
.05484, .05069, .04686, .04332, .04005, lddv
.040 , .040 , .040 , .040 , .040 , lddv
.20140, .17572, .15432, .13639, .12133, lddt
.10863, .09788, .08877, .08103, .07444, lddt
.06883, .06405, .05999, .05655, .05365, lddt
.05123, .04924, .04763, .04637, .04543, lddt
.045 , .045 , .045 , .045 , .045 , lddt
.18211, .16767, .15437, .14213, .13086, hddv
.12048, .11093, .10213, .09403, .08657,
.07971, .07339, .06757, .06221, .05728,
.05273, .04855, .04470, .04116, .03789 hddv
.038 , .038 , .038 , .038 , .038 ,
.04786, .04475, .04164, .03853, .03543, mc
.03232, .02921, .02611, .02300, .01989, mc
.01678, .01368, .00000, .00000, .00000, mc
.00000, .00000, .00000, .00000, .00000, mc
.00000, .00000, .00000, .00000, .00000, mc

```

B.2.3 REGMC.INP

Conteos de vehículos (fracción).

```

1 Vcount : LDGV LDGT1 LDGT2 HDGV LDDV LDDT HDDT MC (1994 Registrations Finance Min.)
321,105,2,133,1,1,14,6

```



Resultados de la inspección con el RSD-2000

A continuación se incluyen un ejemplo de los archivos que se generan durante los monitoreos de inspección con sensores remotos.

Lo que se presenta es la primera parte del archivo generado el 21 de agosto de 1998.

UNIDAD	LUGAR	FECHA	HORA	NUM	CO	CO2	HC	NOX	PLACA	TIPO	DESC	VEL	ACEL
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:21:45	1	99.99	99.99	99999	99999		Z	CAM	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:21:49	2	99.99	12.32	163	99999	2844BWA	P	TAX	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:21:52	3	99.99	11.85	405	99999	DD52035	M		99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:05	4	4.72	11.66	359	99999		N		99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:25	5	0.1	14.99	63	99999		N	TRA	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:29	6	0.14	14.95	329	99999		N		99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:32	7	99.99	10.77	99999	99999		U	OBS	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:39	8	99.99	99.99	99999	99999		Z	TRA	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:52	9	99.99	99.99	99999	99999		U	OBS	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:22:56	10	2.74	13.09	287	99999		U	OBS	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:04	11	99.99	10.39	408	99999		U	DRK	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:20	12	0.03	15.03	77	99999		Z	TRA	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:25	13	99.99	9.41	148	99999	DD49739	M		28.5	-0.3
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:27	14	99.99	15.45	99999	99999	DF25215	M		28.2	0.4
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:43	15	3.27	12.71	275	99999		U	DRK	19.3	0
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:23:45	16	99.99	8.85	417	99999		N		19.4	0
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:24:00	17	2.45	13.3	139	99999		U	DRK	34.6	1
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:24:09	18	2	13.6	740	99999	DTZ6295	M		24.4	-0.5
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:24:16	19	1.33	14.1	343	99999		N		13.7	1.6
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:09	20	8.46	8.98	458	99999	DUA5427	M		29.9	0.1
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:12	21	99.99	99.99	99999	99999	827JMJ	O	DF	99.9	999.9
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:17	22	0.09	14.99	49	99999	DTY9120	M		41.4	1.7
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:22	23	4.38	11.91	252	99999		N		33.6	-0.6
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:24	24	99.99	99.99	99999	99999		Y		30.9	3.2
R404	MEXICO1	21-Ago-98	10:25:32	25	99.99	99.99	99999	99999	596UE7	Z	TRA	99.9	999.9

Bibliografía

- [1] Emma Inés Cortés Soriano. Estimación de un inventario de emisiones atmosféricas por quema de combustibles en fuentes fijas y móviles a lo largo de la frontera México-Texas. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N.L., Octubre 1995. 2
- [2] Nelida Romo Tijerina. Estimación de las emisiones a la atmósfera por quema de combustibles en el Área Metropolitana de Monterrey. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N.L., Abril 1995. 2
- [3] Radian International, Sacramento, CA. *Basic Emission Estimating Techniques*, May 1996. Volume III of the Mexico Emissions Inventory Program Manuals. 2, 22
- [4] Radian International, Sacramento, CA. *Emissions Inventory Fundamentals*, December 1997. Volume II of the Mexico Emissions Inventory Program Manuals. 2, 22
- [5] Radian International, Sacramento, CA. *Motor Vehicle Inventory Development*, February 1997. Volume VI of the Mexico Emissions Inventory Program Manuals. 2, 22, 44
- [6] Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, SEMARNAP, Secretaría de Salud. *Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995–2000*, 1996. 2, 6, 22
- [7] Gobierno del Estado de Nuevo León, SEMARNAP, Secretaría de Salud. *Programa de Administración de la calidad del aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997–2000*, 1997. 2, 6, 22
- [8] Gobierno del Estado de Jalisco, SEMARNAP, Secretaría de Salud. *Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997–2001*, 1997. 6, 22
- [9] John H. Seinfeld. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. John Wiley & Sons, New York, 1986. 13, 23, 28
- [10] INEGI. *Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua*. INEGI, Chihuahua, México., 1997. 18
- [11] Manuel Quezada Barrón. “Chuecos” 49% del parque vehicular. Incluido en *El Diario de Chihuahua*, 11 de Marzo 2000. Sección 1B. Página 1. 18

- [12] LLC Radian International. *Development of Mobile Emissions Factor Model for Ciudad Juárez, Chihuahua*. Texas Natural Resource Conservation Commission, Air Quality Planning Division, Austin, Texas, August 1996. 23, 42
- [13] Lesha Hrynchuck and Bob Effa. *Methodology for Estimating Emissions from On-road Motor Vehicles*. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Sacramento, CA, October 1996. Introduction and Overview. 27, 28
- [14] U.S. Environmental Protection Agency, Ann Arbor, Michigan. *User's Guide to Mobile5 (Mobile Source Emission Factor Model)*, May 1994. 27
- [15] Gary A. Bishop et al. On-road remote sensing of vehicle emissions in Mexico. *Environ. Sci. Technol.*, 31:3505–3510, 1997. 40
- [16] Rob Klausmeier et al. The Greeley Remote Sensing Pilot Program. Technical report, The Colorado Department of Public Health and Environment, January 1998. 54, 56
- [17] J. H. Seinfeld et al. Achieving acceptable air quality: Some reflections on controlling vehicle emissions. *Science*, 261:37–45, July 1993.
- [18] INEGI. *Cuaderno Estadístico Municipal. Chihuahua, Estado de Chihuahua*. INEGI, Chihuahua, México., 1993.
- [19] Jaime Álvarez Jimenez. Los “chuecos” y el impacto ambiental. Incluido en *El Diario de Chihuahua*, 22 de septiembre 1997. Sección A. Página 3.
- [20] Jorge González y Alfredo Campos. Comunicación personal. Reporte Interno, Gobierno del Estado de Chihuahua, abril 1997.
- [21] Mackenzie L. Davis and David A. Cornwell. *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc., Singapore, 1991.
- [22] Noel de Nevers. *Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire*. McGraw-Hill Interamericana, México, 1ª edición, 1997.
- [23] INEGI. *Chihuahua, Perfil Sociodemográfico*. INEGI, Chihuahua, México., 1997.
- [24] Presidencia Municipal de Chihuahua. Plan de desarrollo urbano del centro de población Chihuahua, 1998.
- [25] Jaime González Magallanes et al. Integración de un Inventario de Emisiones para la Evaluación de la Contaminación por Fuentes Móviles en la Ciudad de Chihuahua. En *XXIX Congreso de Investigación y Extensión del Sistema ITESM*, páginas 406–415, Estado de México, Enero 1999. ITESM.