

# Anexo 7. Memoria de cálculo de la Estimación de reducción de emisiones

$$E_{VM} = \frac{(KRV_{ij})(FE_{ij})}{1 * 10^6}$$



PROAIRE 2011-2020

Diciembre 2010

**MARCELO LUÍS EBRARD CASAUBON**  
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

**MARTHA DELGADO PERALTA**  
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL

**J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA**  
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

**JORGE SARMIENTO RENTERÍA**  
DIRECTOR DE PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE E INVENTARIO DE EMISIONES

**COORDINADORES**  
Saúl Rodríguez Rivera  
Subdirector de Inventario y Modelación

Ma. Cristina Ruiz Ramírez  
Subdirectora de Planeación y Evaluación de Programas de Calidad del Aire.

**INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO**  
Saúl Rodríguez Rivera  
Patricia Camacho Rodríguez  
María del Carmen Mendoza Pelcastre  
Petra Ramírez Paz

## CONTENIDO

1.	Homologar los procedimientos y criterios de verificación de los vehículos con placas federales y locales. ....	5
2.	Fortalecimiento del Programa de sustitución de convertidores catalíticos. ....	6
3.	Modernización del Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes. ....	8
4.	Promover el uso de vehículos híbridos y eléctricos para uso particular, de transporte público y de carga. ....	9
5.	Modernización y homologación del Programa de Verificación Vehicular. ....	10
6.	Renovación de vehículos a diesel con la sustitución de motores y adaptación de sistemas de control de emisiones. ....	11
7.	Renovación de las flotas vehiculares de transporte de pasajeros de baja, mediana y altas capacidades. ....	12
a.	<i>Sustitución de 40,000 taxis por unidades menos contaminantes. ....</i>	12
b.	<i>Sustitución de 13,000 microbuses por unidades nuevas de mayor capacidad y con tecnologías menos contaminantes. ....</i>	13
c.	<i>Renovación de unidades de RTP y Metrobús. ....</i>	14
8.	Promover el uso de combustibles menos contaminantes en vehículos del transporte público de pasajeros. ....	16
9.	Promover el uso de combustibles gaseosos en establecimientos industriales y de servicios. ....	17
10.	Modernizar la flota vehicular del servicio de limpia. ....	18
11.	Impulso del programa de autorregulación para las empresas de transporte con flotas de vehículos a diesel. ....	19
12.	Promover la instalación estratégica de bases para taxis en el Distrito Federal. ....	21
13.	Regulación de la circulación de vehículos de carga en rutas seleccionadas. ....	21
14.	Fomentar la utilización del transporte escolar en la ZMVM. ....	22
15.	Establecimiento de metas de reducción de emisiones para la industria y los servicios. ....	23
16.	Aplicación de programas de reducción de gases de efecto invernadero en establecimientos industriales y de servicios. ....	25
17.	Actualización de las normas de emisión de partículas sólidas en la industria y desarrollar las correspondientes para el control de compuestos orgánicos volátiles. ....	27
18.	Operación de la línea 12 del sistema METRO. ....	29
19.	Promoción del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no contaminante. ....	31
20.	Operación de líneas de Tren Suburbano. ....	31
21.	Incrementar el número de las rutas Metrobús y Mexibús. ....	33
	Bibliografía. ....	35



Este documento, presenta los cálculos de reducción de emisiones de algunas de las medidas propuestas en el Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire de la ZMVM para el período 2011-2020. La reducción de las emisiones se estimó con el establecimiento de una línea base y un escenario a evaluar.

Las líneas base de las medidas se realizaron tomando en cuenta los resultados de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio (SMA-GDFa, 2010), contaminantes tóxicos (SMA-GDFb, 2010) y gases de efecto invernadero (SMA-GDFc, 2010) de la ZMVM del año 2008, por lo que se omitirán algunos datos que se encuentran en dichos documentos.

### Reducción de emisiones de las medidas seleccionadas

Nº	Medida	Emisiones [ton/año]						
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
1	Homologar los procedimientos y criterios de verificación de los vehículos con placas federales y locales.	548	459	26,220	2,765	2,745	374	728,542
2	Fortalecimiento del programa de sustitución de convertidores catalíticos.	N/A	N/A	3,177	382	421	79	N/A
3	Modernización del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes.	165	135	14,641	2,242	1,385	317	226,830
4	Promover el uso de vehículos híbridos y eléctricos para uso particular, de transporte público y de carga.	19	15	2,945	360	230	42	34,352
5	Modernización y homologación del Programa de Verificación Vehicular.	12	6	17,643	666	2,613	602	72,014
6	Renovación de vehículos a diesel con la sustitución de motores y adaptación de sistemas de control de emisiones.	64	54	557	55	43	5	18,757
7	Renovación de las flotas vehiculares de transporte de pasajeros de baja, mediana y alta capacidad.	60	39	73,082	10,763	9,257	1,297	168,127
8	Promover el uso de combustibles menos contaminantes en vehículos de transporte público de pasajeros y de carga.	26	10	39,595	715	96	24	79,059
9	Promover el uso de combustibles gaseosos en establecimientos industriales y de servicios.	73	52	204	1,050	21	N/E	985,165
10	Modernizar la flota vehicular del servicio de limpia.	51	43	1,040	217	113	43	10,193
11	Impulso de los programas de autorregulación para las empresas de transporte con flotas de vehículos a diesel.	51	44	1,138	856	210	29	84,372
12	Promover la instalación estratégica de bases para taxis en el Distrito Federal.	41	22	42,808	4,724	3,231	984	493,091
13	Regulación de la circulación de vehículos de carga en rutas seleccionadas.	748	622	77,961	4,926	4,547	707	658,863
14	Fomentar la utilización del transporte escolar en la ZMVM.	31	8	8,820	709	733	204	470,958
15	Establecimiento de metas de reducción de emisiones para la industria y los servicios.	1,608	N/E	N/E	N/E	72,068	N/E	N/E
16	Aplicación de programas de reducción de gases de efecto invernadero en establecimientos industriales y de servicios.	29	29	76	577	17	N/E	977,995
17	Actualización de las normas de emisión de partículas sólidas en la industria y desarrollar las correspondientes para el control de compuestos orgánicos volátiles.	N/E	N/E	N/A	N/A	21,102	N/E	N/A
18	Operación de la Línea 12 del METRO.	10	5	7,217	672	968	246	124,512
19	Promoción del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no contaminante.	12	6	7,431	704	1,094	237	132,138
20	Operación de líneas de tren suburbano.	6	3	4,931	450	656	163	83,001
21	Incrementar el número de las rutas de METROBUS Y MEXIBUS.	4	2	4,676	916	1,437	56	161,325
	<b>TOTAL</b>	<b>3,558</b>	<b>1,554</b>	<b>334,162</b>	<b>33,749</b>	<b>122,987</b>	<b>5,409</b>	<b>5'509,294</b>

Nota: Las cantidades pueden variar con la evaluación de cada medida, por el redondeo de cifras  
N/A.-No aplica, N/E.-No estimado

A continuación se presenta el cálculo de reducción de emisiones de cada medida:

### 1. Homologar los procedimientos y criterios de verificación de los vehículos con placas federales y locales.

Los vehículos que cuentan con placa federal, al momento de realizar la verificación vehicular, lo hacen como un trámite administrativo ya que en ocasiones no se les realiza la prueba estática de opacidad en los centros de verificación autorizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, debido a esto, se propone homologar el procedimiento de este programa de verificación con el que se aplica en los gobiernos locales.

#### Línea base

Para elaborar la línea base, se tomaron en cuenta las emisiones generadas por la flota vehicular del autotransporte federal de carga, turismo y pasaje, reportadas en los inventarios de emisiones del año 2008 elaborados para la ZMVM.

**Tabla 1. Flota vehicular del autotransporte federal, 2008.**

Entidad	Tipo de vehículo	Nº de vehículos	km/día	KRV/año
Distrito Federal	Tractocamiones	52,942	62.8	1,213'536,524
	Autobuses Turismo	10,097	60	221'124,300
	Autobuses Pasaje	15,969	48	279'776,880
	Vehículos > 3 ton	21,278	62.8	487'734,316
Estado de México	Tractocamiones	15,545	62.8	356'322,490
	Autobuses Turismo	850	60	18'615,000
	Autobuses Pasaje	1,719	48	30'116,880
	Vehículos > 3 ton	4,963	62.8	113'761,886
<b>Total ZMVM</b>		<b>123,363</b>		<b>2,720'988,276</b>

Nota. Se consideró que los vehículos circulan los 365 días del año.

Fuente: Elaborada con datos del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM, 2008.

**Tabla 2. Emisiones generadas por el autotransporte federal, 2008**

Entidad	Vehículo	Emisiones [ton/año]						
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Distrito Federal	Tractocamiones (diesel)	1,092	914	20,475	12,516	3,414	454	998,265
	Autobuses Turismo (diesel)	52	44	5,456	3,017	802	104	306,050
	Autobuses Pasaje (diesel)	72	63	5,041	4,089	962	105	408,916
	Vehículos > 3 ton (gasolina)	17	12	38,446	679	1,841	272	131,243
	Vehículos > 3 ton (diesel)	203	170	2,693	685	457	88	152,509
Estado de México	Tractocamiones (diesel)	323	270	6,072	3,689	1,009	134	293,054
	Autobuses Turismo (diesel)	5	4	498	275	71	8	26,738
	Autobuses Pasaje (diesel)	8	7	588	444	104	11	43,975
	Vehículos > 3 ton (gasolina)	3	2	7,460	1,358	374	49	28,831
	Vehículos > 3 ton (diesel)	52	43	671	894	116	22	38,893
<b>Total ZMVM</b>		<b>1,827</b>	<b>1,529</b>	<b>87,400</b>	<b>27,646</b>	<b>9,150</b>	<b>1,247</b>	<b>2'428,474</b>

Fuente: Elaborada con datos del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM, 2008.

## Escenario

La reducción de emisiones (Tabla 4), se estimó aplicando un porcentaje de reducción a la línea base (Ver Tabla 3). Estos porcentajes de reducción son el resultado de mantener y dar un servicio adecuado a la flota del autotransporte federal, para que la SCT valide el certificado de baja emisión de humo, gases y ruido (CONUEE, 2009).

**Tabla 3. Porcentajes de reducción de emisiones por contaminante**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
30%	30%	30%	10%	30%	30%	30%

Nota: Para el caso de las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> y CO<sub>2</sub> se asume un valor de 30%  
Fuente: Guía del uso eficiente de energía en el automóvil/ CONUEE, 2009

**Tabla 4. Reducción de emisiones por homologar el PVVO del autotransporte federal con el de los gobiernos locales**

Entidad	Vehículo	Emisiones [ton/año]						
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Distrito Federal	Tractocamiones (diesel)	328	274	6,143	1,252	1,024	136	299,479
	Autobuses Turismo (diesel)	16	13	1,637	302	241	31	91,815
	Autobuses Pasaje (diesel)	22	19	1,512	409	289	32	122,675
	Vehículos > 3 ton (gasolina)	5	4	11,534	68	552	82	39,373
	Vehículos > 3 ton (diesel)	61	51	808	69	137	26	45,753
Estado de México	Tractocamiones (diesel)	97	81	1,822	369	303	40	87,916
	Autobuses Turismo (diesel)	2	1	149	28	21	2	8,021
	Autobuses Pasaje (diesel)	2	2	176	44	31	3	13,193
	Vehículos > 3 ton (gasolina)	1	1	2,238	136	112	15	8,649
	Vehículos > 3 ton (diesel)	16	13	201	89	35	7	11,668
<b>Total ZMVM</b>		<b>548</b>	<b>459</b>	<b>26,220</b>	<b>2,765</b>	<b>2,745</b>	<b>374</b>	<b>728,542</b>

## 2. Fortalecimiento del Programa de sustitución de convertidores catalíticos.

Durante la prueba de verificación vehicular, se evalúa la eficiencia del convertidor catalítico mediante la lectura de los gases de escape, generándose un rechazo en aquellas unidades cuyos convertidores catalíticos hayan perdido eficiencia en la conversión.

### Línea Base

Para calcular la línea base, se consideran las emisiones de 30,584 vehículos e igual al número de convertidores catalíticos que serán sustituidos durante un año.

**Tabla 5. Emisiones por año modelo [ton/año]**

Año modelo	Flota vehicular	Emisiones [ton/año]		
		COV	CO	NO <sub>x</sub>
1993	1,062	39	179	22
1994	1,086	36	175	22
1995	859	26	139	17
1996	817	22	128	16
1997	1,096	26	161	20
1998	1,710	34	235	30
1999	1,300	21	159	20
2000	1,796	30	246	32
2001	2,303	35	299	39
2002	2,463	33	301	40
2003	2,267	28	260	35
2004	2,532	29	271	37
2005	2,960	31	292	41
2006	3,413	31	283	42
2007	2,713	25	224	34
2008	2,207	20	180	29
<b>Total</b>	<b>30,584</b>	<b>467</b>	<b>3,530</b>	<b>477</b>

Fuente: Obtenida con datos del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM, 2008.

## Escenario

El escenario propone que con el fortalecimiento de este programa, se podrá detectar en la verificación vehicular una cantidad adicional de vehículos con el convertidor catalítico dañado, para esto se asume que esta cantidad adicional es de 30,584 vehículos.

## Reducción de emisiones

La reducción de emisiones (Tabla 6), se estimó aplicando un porcentaje de reducción a la línea base que corresponde a el: 90% para COV, 90% para CO, y 80% para NO<sub>x</sub>. Estos porcentajes de reducción son el resultado de mantener un convertidor catalítico en buen estado.

Para el caso de los contaminantes tóxicos, la reducción de emisiones se obtiene con el porcentaje de compuestos tóxicos existentes en los COV (18.77%).

**Tabla 6. Porcentajes y reducción de emisiones por el cambio de convertidores catalíticos [ton/año]**

	COV	CO	NO <sub>x</sub>	Tóxicos
<b>Reducción de emisiones [ton/año]</b>	<b>421</b>	<b>3,177</b>	<b>382</b>	<b>79</b>

### 3. Modernización del Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes.

En la actualidad, el programa de Vigilancia de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes que se realiza en el Estado de México y en el Distrito Federal, opera mediante la inspección visual a los vehículos en circulación, con la finalidad de detectar y sancionar a aquellos que emitan humo de forma evidente (SMA-GDF, 2008). Para la modernización de este Programa, se pretende que con el cambio de la inspección visual al uso automatizado con sensores remotos, aumente el número de vehículos detectados como altos emisores, los cuales tendrán que ser reparados para poder circular nuevamente.

El sensor actúa en el momento en que los vehículos pasan por el módulo de detección y realiza una cuantificación de las emisiones de dicho vehículo, además el dispositivo toma una fotografía a la placa del vehículo inspeccionado (SMA-GDFa, 2006).

#### Línea base

Para establecer la línea base, se consideró que los vehículos rechazados por el PVVO (Programa de Verificación vehicular Obligatorio), podrían estar circulando y contaminando en forma ostensible. Por lo tanto, las emisiones de la línea base (Tabla 7) corresponden a los vehículos rechazados en el primer semestre del año 2010 del PVVO. Los kilómetros anuales recorridos, se estimaron asumiendo que portan holograma 2 (203,470 vehículos y 2,091.8 millones de km). Para el cálculo se tomaron vehículos de uso particular, taxis y microbuses que utilizan gasolina como combustible y el transporte de carga y autobuses que utilizan diesel.

**Tabla 7. Emisiones de los vehículos rechazados [ton/semestre]**

Entidad	Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Distrito Federal	Auto particular	3.6	1.9	2,347	222	346	75	43,857
	Taxi	12.0	6.0	12,010	1,313	899	248	140,830
	Microbús	4.0	2.0	7,545	771	779	210	64,496
	Vehículos > 3 ton	32.0	27.0	397	269	70	15	25,707
Estado de México	Auto particular	2.5	1.3	2,127	168	301	51	28,776
	Microbús	5.0	2.8	17,382	526	1,037	206	54,923
	Vehículos > 3 ton	172.0	144.0	2,173	1,449	384	78	135,650
Federal	Auto particular	0.0	0.0	30	3	4	1	568
	Autobuses	0.3	0.2	476	49	49	13	841
	Vehículos > 3 ton	260.0	217.0	3,208	2,175	569	120	207,807
Otros Estados	Auto particular	0.4	0.2	254	24	37	8	4,744
	Autobuses	0.1	0.0	131	13	14	4	1,118
	Vehículos > 3 ton	58.0	49.0	722	490	128	27	46,784
<b>Total</b>		<b>550</b>	<b>451</b>	<b>48,802</b>	<b>7,472</b>	<b>4,617</b>	<b>1,055</b>	<b>756,100</b>

## Escenario

El escenario consideró que para que los 203,470 vehículos sancionados puedan volver a circular, es necesario que sean sometidos a trabajos de reparación y mantenimiento que equivaldría a reducir en un 30% las emisiones de la línea base (CONUEE, 2009).

**Tabla 8. Reducción de emisiones [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
165	135	14,641	2,242	1,385	317	226,830

#### 4. Promover el uso de vehículos híbridos y eléctricos para uso particular, de transporte público y de carga.

Como una medida adicional para reducir las emisiones de contaminantes que de los vehículos automotores que circulan en la Zona Metropolitana del Valle de México, se propone la promoción de los vehículos híbridos y eléctricos, los cuales pueden sustituir la flota vehicular de autos particulares, taxis y camiones de carga.

### Línea base

Para la aplicación de esta medida, se consideraron las emisiones de la siguiente flota vehicular: 1,000 autos particulares, 2,000 taxis y 1,000 camiones de carga.

**Tabla 9. Emisiones de la línea base [ton/año]**

Tipo de Vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Auto particular	0.2	0.1	152	14	22	4	2,698
Taxis	2.6	1.3	2,616	286	196	37	28,458
Vehículos > 3 ton	18	15	229	155	41	4	14,768
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>2,996</b>	<b>455</b>	<b>259</b>	<b>45</b>	<b>45,924</b>

## Escenario

La cantidad de vehículos considerados en la línea base, es el mismo número de vehículos híbridos y eléctricos que entrarán en operación. Por lo tanto, para determinar la reducción de emisiones de los vehículos híbridos (autos particulares y camiones de carga), se consideran los porcentajes de reducción, que resultaron del “*Estudio realizado para evaluar el desempeño ambiental y operación de los vehículos híbridos diesel-eléctricos de más de 3,857 kg de peso bruto vehicular*” (Ambientalis, 2010) y los factores de emisión para un vehículo Honda Civic híbrido<sup>1</sup> (Tabla 10).

<sup>1</sup> <http://www.ecovehiculos.gob.mx/>

Para los autos eléctricos (taxis) se considera que no generan emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero en forma directa.

**Tabla 10. Factores de emisión y porcentaje de reducción por el uso de tecnologías híbridas**

Tipo de Vehículo	Emisiones [ton/año]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Autos particular híbrido <sup>1</sup>	0.0126	0.0063	2.11	0.006	0.047	0.009	100.0
	Porcentajes de reducción						
Vehículos de más de 3 ton	88%	30%	90%	38%	30%	30%	31%

<sup>1</sup> Factores de emisión para vehículos de baja emisión, Generación II (2004-2010)

**Tabla 11. Reducción de emisiones por aplicación de medida [ton/año]**

Tipo de Vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Auto particular	0.1	0.0	124	14	22	4	1,390
Taxis	2.6	1.3	2,616	286	196	37	28,458
Vehículos > 3 ton	16	14	205	59	12	1	4,504
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>2,945</b>	<b>360</b>	<b>230</b>	<b>42</b>	<b>34,352</b>

## 5. Modernización y homologación del Programa de Verificación Vehicular.

### Línea base

Las emisiones de la línea base, está constituida por el 80% de los autos particulares años modelo 1990 y anteriores; ya que se asume que con la modernización del PVVO, estos vehículos pudieran no aprobar la verificación vehicular<sup>2</sup>, a menos que estén en buen estado mecánico.

**Tabla 12. Datos de actividad**

Año modelo	Nº de vehículos	km/día	KRV
1988 y ant.	67,554	22.78	481'669,478
1989 - 1990	25,963	31.92	259'395,294
<b>Total</b>	<b>93,517</b>		<b>741'064,772</b>

**Tabla 13. Emisiones de la línea base [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
39	20	58,810	2,220	8,709	2,008	240,047

<sup>2</sup> Comunicación directa Ing. Sergio Zirath Villaseñor. Director de Programas de Transporte Sustentable y Fuentes Móviles, 2011.

## Escenario

La reducción de emisiones, se estimó aplicando directamente a la línea base, un 30% de reducción, el cual se considera por la afinación y el mantenimiento de los vehículos, con la finalidad de que operen en óptimas condiciones (CONUEE, 2009b).

**Tabla 14. Reducción de emisiones [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
12	6	17,643	666	2,613	602	72,014

### 6. Renovación de vehículos a diesel con la sustitución de motores y adaptación de sistemas de control de emisiones.

Debido al potencial de emisiones de los vehículos de carga, es necesario adoptar medidas de reducción de emisiones, una opción son los filtros de partículas, los cuales actúan como un sistemas de control de emisiones.

## Línea base

En la línea base se consideraron 4,224 vehículos del transporte de carga de más de 3 toneladas, así como los datos de actividad y factores de emisión del Inventario de emisiones 2008.

**Tabla 15. Datos de actividad**

Tipo de Vehículo	km/día	Nº de vehículos	km/año
Vehículos de carga de más de 3 ton	62.8	4,224	96'822,528

**Tabla 16. Emisiones del caso base**

Tipo de Vehículo	Emisión [ton/año]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Vehículos de carga de más de 3 ton	71.6	59.9	618.7	549.0	142.5	15.4	62,524.8

## Escenario

El escenario considera que en los 4,224 vehículos del transporte de carga, se sustituirán los motores y adaptarán filtros de partículas, con los siguientes porcentajes de reducción de emisiones a línea base.

**Tabla 17. Porcentajes de reducción**

Porcentajes de reducción [%]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
90%	90%	90%	10%	30%	30%	30%

Fuente: GDF-RTP, 2006.

**Tabla 18. Reducción de emisiones de vehículos de carga por uso de filtro [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
64.4	53.9	556.8	54.9	42.8	4.6	18,757.5

## 7. Renovación de las flotas vehiculares de transporte de pasajeros de baja, mediana y altas capacidades.

### a. Sustitución de 40,000 taxis por unidades menos contaminantes

Con la implementación de esta medida se pretende sustituir 40,000 taxis, con unidades que incorporen nuevas tecnologías de control de emisiones o últimos modelos que cumplan con estándares TIER 2.

#### Línea base

La línea base está conformada por las emisiones de 40,000 taxis de diversos años modelo, que recorren 200 km/día y circulan los 365 días de año, considerando los factores de emisión promedio del Inventario de Emisiones de la ZMVM 2008 determinados con el modelo Mobile6-México.

Factor de emisión [g/Km]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
0.017	0.009	17.92	1.959	1.341	0.36960	215

**Tabla 19. Emisiones del caso base [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
50	26	52,326	5,720	3,916	1,079	627,216

#### Escenario

Las emisiones del escenario fueron calculadas para los 40,000 taxis, con los kilómetros recorridos de la línea base y los límites de emisión TIER 2, para el caso del CO<sub>2</sub>, se utilizó el factor de emisión para vehículos ligeros a gasolina, proveniente del modelo Mobile6-México.

**Tabla 20. Límites de emisión TIER 2**

Factor de emisión [g/Km]				
PM <sub>10</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	CO <sub>2</sub> *
0.01	1.3	0.04	0.03	183

\* Factor emisión de CO<sub>2</sub> para taxis (Mobile6-México)

En la Tabla 21, se presenta la reducción de emisiones, la cual es el resultado de la línea base (Tabla 19) menos el escenario (Tabla 20).

**Tabla 21. Reducción de emisiones por la renovación de 40,000 taxis**

Emisiones [ton/año]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
20	13	48,530	5,603	3,828	1,055	92,856

***b. Sustitución de 13,000 microbuses por unidades nuevas de mayor capacidad y con tecnologías menos contaminantes***

Con la implementación de esta medida, se pretende la sustitución de 13,000 microbuses por autobuses que cumplan con los estándares de emisión EPA 2007.

**Línea base**

Se consideran las emisiones de 4,190 microbuses a gasolina y 8,810 microbuses a gas LP que son las unidades a sustituir.

**Tabla 22. Datos de actividad de microbuses**

Entidad	Nº de vehículos	km/día	KRV
Distrito Federal	13,000	200	813'800,000

**Tabla 23. Emisiones de 13,000 microbuses [ton/año].**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
16	8	24,382	4,149	5,268	263	657,951

**Escenario**

El escenario estuvo conformado por las emisiones de 6,500 autobuses a diesel, tecnología EPA 2007 que sustituirán a los microbuses, considerando los mismos datos de actividad por ser autobuses cortos, que circulan los 365 días del año y que por cada dos unidades de microbús entrará un autobús de mediana capacidad.

En la tabla siguiente se presentan los límites de emisión EPA 2007, considerando un rendimiento de 5.5 km/l<sup>3</sup> para autobuses nuevos. En el caso de las emisiones de dióxido de carbono, éstas fueron calculadas con el factor de emisión para autobuses urbanos, obtenido con el modelo Mobile6-México.

**Tabla 24. Límites de emisión EPA 2007 y FE de CO<sub>2</sub> para autobuses a diesel**

Límites de emisión EPA 2007 <sup>1</sup> [g/km]				Factores Mobile6 – México <sup>2</sup>
CO	NO <sub>x</sub>	HCT	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>
15.14	0.195	0.137	0.01	1,445.7

Fuentes: <sup>1</sup><http://www.fhwa.dot.gov/environment/freightaq/appendixa.htm>.

Appendix A: EPA Emission Standards

<sup>2</sup> Factor de emisión para CO<sub>2</sub> determinado con el modelo Mobile6-México para el año calendario 2020.

A continuación se presentan la reducción de emisión por la sustitución de microbuses por autobuses de mediana capacidad. Se considera que con un combustible limpio pueden utilizar filtros de partículas; por lo tanto, a las emisiones del escenario se les aplicó un porcentaje de reducción por el uso de filtros (ver Tabla 25).

**Tabla 25. Porcentajes de reducción por uso de filtro de partículas**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
90%	90%	90%	10%

Fuente: SMA-GDF y RTP, (2006).

**Tabla 26. Reducción de Emisiones de por introducción de autobuses EPA 2007**

Emisiones [ton/año]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
16	8	23,664	4,065	5,204	218	54,953

Nota: El CO<sub>2</sub> fue afectado por un porcentaje de reducción, considerando que los vehículos nuevos incrementan su rendimiento de combustible en un 12.1%<sup>4</sup>

### ***c. Renovación de unidades de RTP y Metrobús.***

A continuación se presenta la reducción de emisiones por la incorporación de transporte público, con tecnologías limpias en el 100% de unidades de RTP y Metrobús.

#### **Línea base**

La línea base la constituye las emisiones de la flota vehicular de RTP y Metrobús, considerando el número de unidades y los respectivos KRV reportados en el Inventario de Emisiones 2008.

<sup>3</sup>Promedio de mediciones de Cal y Mayor y Asociados S.C. for The World Bank, 2005 y de la Base de datos de RTP, 2006.

<sup>4</sup>Dieselnet.com (Mayo 2010).

**Tabla 27. Datos de actividad de unidades RTP y Metrobús, 2008**

Tipo de vehículo	Nº de vehículos	km/día		KRV
		hábil	inhábil	
Autobuses RTP	1,270	223	241	70'109,680
Metrobús	221	192	166	11'597,904
<b>Total</b>	<b>1,491</b>			<b>81'707,584</b>

Fuente: Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM, 2008.

En la siguiente tabla se resumen las emisiones de la línea base.

**Tabla 28. Emisiones de RTP y Metrobús, 2008 [ton/año]**

Vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Autobús RTP	18	15	1,059	972	222	26	100,885
Metrobús	6	3	64	201	37	4	18,232
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>1,123</b>	<b>1,173</b>	<b>259</b>	<b>30</b>	<b>119,117</b>

## Escenario

Las emisiones del escenario de autobuses de RTP fueron calculadas con límites de emisión EPA 2007 y los mismos KRV de la línea base. En el caso de la flota de Metrobús, el escenario se estimó con los límites de emisión EURO V.

**Tabla 29. Factores de emisión para el escenario [g/km]**

Tipo de vehículo	EPA 2007 <sup>1</sup>				EURO V <sup>2</sup>				Mobile6 - México <sup>3</sup>	
	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Partículas	CO	NO <sub>x</sub>	HC	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Autobuses	32.90	0.42	0.30	0.02					1445.473	0.0135
Metrobús					3.64	4.85	1.117	0.049	954.51	0.0144

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.dieselnet.com/standards/us/hd.php#y2007>

<sup>2</sup> Fuente: <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

<sup>3</sup> Factores de emisión para CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> determinados con el modelo Mobile6-México para el año calendario 2020.

A continuación se presentan las emisiones por la incorporación de transporte público con tecnologías limpias.

**Tabla 30. Reducción de emisiones por introducción de tecnologías limpias [ton/año]**

Vehículo	PM <sub>10</sub> *	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Autobús RTP	18	15	828	945	201	21	11,806
Metrobús	6	3	60	150	24	3	8512
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>888</b>	<b>1095</b>	<b>225</b>	<b>24</b>	<b>20,318</b>

Nota: Considerando un incremento del 12.1%<sup>5</sup> en el rendimiento del combustible, se asume este mismo porcentaje en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

\* En las partículas se considera el uso de filtros.

<sup>5</sup> Rendimiento de combustible para vehículos >3.5 toneladas a diesel, entra en vigor a partir de 2015.  
<http://www.dieselnet.com/standards/jp/fe.php#hd> (Mayo 2010).

**Tabla 31. Reducción total de emisiones por la renovación de las flotas vehiculares de transporte de pasajeros de baja, mediana y altas capacidades**

Medida	Emisiones [ton/año]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Renovación de Taxis	20	13	48,530	5,603	3,828	1,055	92,856
Sustitución de microbuses por autobuses	16	8	23,664	4,065	5,204	218	54,953
Renovación de unidades de RTP y Metrobús	24	18	888	1095	225	24	20,318
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>39</b>	<b>73,082</b>	<b>10,763</b>	<b>9,257</b>	<b>1,297</b>	<b>168,127</b>

## 8. Promover el uso de combustibles menos contaminantes en vehículos del transporte público de pasajeros

Se pretende reducir las emisiones del transporte concesionado que circula en la ZMVM, al incorporar unidades que utilicen combustibles limpios, para ello se consideró el reemplazo de 2,000 microbuses a gasolina por 2,000 unidades que utilicen gas natural.

### Línea base

La línea base corresponde a las emisiones de 146 millones de km/año de los 2,000 microbuses a gasolina.

km/día	Nº Micros	km/año
200	2,000	146'000,000

### Escenario

La reducción de emisiones se realizó con un factor de disminución, que se obtuvo de la diferencia entre el factor de emisión medido a gasolina y el de gas natural, utilizando los datos de actividad de la línea base.

**Tabla 32. Factores de emisión**

Tipo de Vehículo	Factor de emisión [g/Km]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Gasolina IE08	0.021	0.012	37.5	3.84	3.9		360.25
Gasolina(mediciones)	0.190	0.081	306.3	9.25			1,046
GLP	0.020	0.020	72.4	3.8	3.7		598.3
GNC	0.010	0.010	35.1	4.35	3.2		504.5
<b>Factor de reducción de gasolina a gas natural [g/km]</b>	0.180	0.071	271.2	4.900	0.655	0.161	541.5

**Tabla 33. Reducción de emisiones por la incorporación de 2,000 microbuses a gas natural comprimido**

Reducción de emisión [g/Km]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
26	10	39,595	715	96	24	79,059

### 9. Promover el uso de combustibles gaseosos en establecimientos industriales y de servicios.

Para reducir las emisiones contaminantes, así como de los gases de efecto invernadero, se propone cambiar en la industria el uso del diesel y del gasóleo por gas natural.

#### Línea base

Con los resultados del desarrollo de los Inventarios de Emisiones de la ZMVM del año 2008, se identificaron 704 industrias que consumen diesel con un contenido de azufre de 0.03% y 106 industrias que consumen gasóleo con un contenido de azufre de 4%.

**Tabla 34. Número de industrias y consumos**

Industrias	Tipo de combustible	Consumo [m <sup>3</sup> /año]
704	Diesel	300,507
106	Gasóleo	51,196

Con el consumo de diesel y gasóleo y sus respectivos factores de emisión se establecieron las emisiones de la línea base.

#### Escenario

Se determinaron las reducciones considerando la reconversión de diesel a gas natural y de gasóleo a gas natural, se emplearon los poderes caloríficos de cada combustible, para determinar el consumo equivalente y estimar las emisiones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero.

**Tabla 35. Línea base y reducción de emisiones por cambio de combustible**

Industrias	Combustible	Emisión [ton/año]					
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	CO <sub>2</sub>
810	Diesel-gasóleo	75	54	225	1,107	24	1'004,235
	GN	2	2	21	57	3	19,071
<b>Reducción</b>		<b>73</b>	<b>52</b>	<b>204</b>	<b>1050</b>	<b>21</b>	<b>985,165</b>

## 10. Modernizar la flota vehicular del servicio de limpia.

El servicio de limpia cuenta con un número importante de vehículos para brindar el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos a la población de la ZMVM, por lo cual esta medida busca mantener un programa permanente de renovación de esta flota vehicular.

### Línea base

Las emisiones de la línea base, se estimaron considerando una flota vehicular de 2,706 vehículos (Tabla 36). Los datos de actividad y factores de emisiones por año modelo que se utilizaron provenientes de los inventarios de emisiones 2008 de la ZMVM.

**Tabla 36. Flota vehicular y KRV de transporte del servicio de limpia, 2008**

Tipo de Vehículo	Nº de Vehículos	km/día	KRV
Pick Up	71	100	2'227,500
Tractocamiones	1,086	62.8	24'893,292
Vehículos > 3 ton	1,549		35'506,178
<b>Total</b>	<b>2,706</b>		<b>62'626,970</b>

**Tabla 37. Emisiones del transporte del servicio de limpia [ton/año]**

Tipo de Vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Pick up	N/S	N/S	239	5	17	10	342
Tractocamiones	21	18	293	182	49	19	16,154
Mayores a 3 ton	30	25	529	354	93	36	29,279
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>1,061</b>	<b>541</b>	<b>159</b>	<b>65</b>	<b>45,775</b>

N/S No significativo

### Escenario

La reducción de emisiones se estimó considerando la renovación de la flota vehicular del servicio de limpia por unidades que cumplen con estándares EURO IV con rendimientos de 2.63 km/l para vehículos >3 toneladas y de 1.69 km/l para tractocamiones, adicionalmente se aplicaron porcentajes de reducción por el uso de filtro de partículas. Las emisiones de las Pick Ups se estimaron con los estándares TIER 2 y factores de emisión del CO<sub>2</sub> del modelo Mobile6-México al año 2020.

**Tabla 38. Límites de emisión EURO IV y TIER 2 [g/km]**

Tipo de vehículo	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Partículas
Mayor a 3 ton (EURO IV)	2.076	4.85	0.637	0.0277
Tractocamiones (EURO IV)	3.23	7.54	0.9910	0.0431
Pick Ups (TIER 2)	2.61	0.044	0.056	0.006

**Tabla 39. Reducción de emisiones**

Tipo de Vehículo	Emisiones [ton/año]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Pick up	0.06	0.03	233	5	17	10	86
Tractocamiones	21*	18*	285	13	25	10	4,248
Mayores a 3 ton	30*	25*	522	199	71	23	5,859
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>1,040</b>	<b>217</b>	<b>113</b>	<b>43</b>	<b>10,193</b>

## 11. Impulso del programa de autorregulación para las empresas con flotas de vehículos a diesel

El Programa de Autorregulación de Vehículos a Diesel (PAVD) es una alternativa para la reducción de emisiones contaminantes de vehículos destinados al transporte de carga y de pasajeros. En este programa las empresas se comprometen a dar un estricto mantenimiento a sus vehículos y a cambio se obtienen la exención al programa “Hoy No Circula” y además, debido al mantenimiento, existe un ahorro en el consumo de combustible.

La NOM-045-SEMARNAT-2006 establece el coeficiente de absorción de luz <sup>6</sup> para los vehículos años modelo 1991 y posteriores en  $2.5 \text{ m}^{-1}$ , lo cual corresponde al 65.87% de opacidad; al participar en el Programa, las empresas suscriben un convenio en el que se comprometen a mantener su flota en óptimas condiciones y no exceder de 1.5 la medición de opacidad. En la actualidad, en la ZMVM se tiene un total de 6,000 vehículos autorregulados.

### Línea base

Las emisiones de la línea base, se realizó considerando que se impulsará la participan de 6,000 vehículos más en el programa de autorregulación, considerando que son holograma “2”. Se utilizaron los KRV y factores de emisión del Inventario de Emisiones 2008. Los datos de actividad y las emisiones generadas se presentan en las tablas siguientes.

<sup>6</sup> El coeficiente de absorción de una columna diferencial de gas de escape a la presión atmosférica y a una temperatura de 70°C expresado en  $\text{m}^{-1}$

**Tabla 40. Flota vehicular del PAVD y KRV**

Tipo de vehículo	Nº de Vehículos	km/día	KRV
Tractocamiones	118	62.8	2'319,455
Autobuses	1,504	223	104'977,696
Vehículo > 3 ton.	4,378	63	86'055,719
<b>Total ZMVM</b>	<b>6,000</b>		<b>193'352,870</b>

**Tabla 41. Emisiones de la flota vehicular del PAVD [ton/año]**

Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Tractocamiones	2.1	2.0	39	24	6	0.9	1,908
Autobuses	27.0	24.0	1,949	1,535	367	39	153,440
Vehículo > 3 ton	69.0	58.0	858	582	152	32	55,583
<b>Total ZMVM</b>	<b>98</b>	<b>84</b>	<b>2,846</b>	<b>2,141</b>	<b>525</b>	<b>72</b>	<b>210,931</b>

## Escenario

El escenario se estimó a partir de un porcentaje de reducción aplicado a la línea base. Se consideró que las emisiones de partículas disminuyen conforme disminuye su opacidad, para esto se utilizó el promedio del coeficiente de absorción de luz por tipo de vehículo inscrito al programa, tomando como referencia el límite del Programa (1.5).

**Tabla 42. Promedio de coeficiente de absorción de luz por tipo de vehículo**

Tipo de vehículo	Coeficiente de absorción de luz (m <sup>-1</sup> )	Reducción con respecto al Programa (%)
Tractocamiones	0.88	41.00
Autobuses	0.69	53.34
Vehículo > 3 ton	0.72	51.62

Para la reducción de partículas, se utilizan los porcentajes de la tabla anterior, considerando que los vehículos autorregulados deben asegurar que sus emisiones se ubiquen por debajo del 40% del límite máximo permisible establecido en la norma correspondiente, se toma este porcentaje para el resto de los contaminantes.

**Tabla 43. Emisiones y reducción de los vehículos autorregulados [ton/año]**

Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Tractocamiones	1.2	1.2	23	14	4	0.5	1,145
Autobuses	13	11	1,169	921	220	23	92,064
Vehículo > 3 ton	33	28	515	349	91	19	33,350
<b>Total ZMVM</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>1,708</b>	<b>1,285</b>	<b>315</b>	<b>43</b>	<b>126,559</b>
<b>Reducciones</b>	<b>51</b>	<b>44</b>	<b>1,138</b>	<b>856</b>	<b>210</b>	<b>29</b>	<b>84,372</b>

## 12. Promover la instalación estratégica de bases para taxis en el Distrito Federal.

Esta medida tiene como objetivo disminuir la circulación de los taxis libres cuando no traen pasajeros, al reubicarlos en bases lanzaderas, con esto se pretende reducir no sólo su circulación, sino también el consumo de combustible durante su operación y por consecuencia, disminuir las emisiones contaminantes.

### Línea Base

En la línea base se consideró que el 90% de los taxis son libres, siendo a éstos a los que se les aplica la medida. Por lo tanto, las emisiones de la línea base corresponden al 90% de las emisiones de los taxis registrados en el Distrito Federal.

Nº de vehículos	KRV
140,964	9,391'450,140

Tabla 44. Emisiones de taxis libres [ton/año]

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
165	86	171,233	18,896	12,926	3,936	1'972,365

### Escenario

La reducción de contaminantes corresponde al 25% de las emisiones de la línea base, ya que este porcentaje representa la proporción en kilómetros que dejarían de recorrer los taxis al ubicarse en las lanzaderas (ver siguiente tabla).

Tabla 45. Reducción de emisiones [ton/año]

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
41	22	42,808	4,724	3,231	984	493,091

## 13.Regulación de la circulación de vehículos de carga en rutas seleccionadas.

La aplicación de esta medida impactaría en las emisiones que generan los vehículos de carga en las horas pico, donde circulan a baja velocidad, incrementando los tiempos de traslado de un punto a otro que repercute en un mayor consumo de combustibles y en un aumento de las emisiones.

## Línea base

La línea base esta determinada por las emisiones que generan los tractocamiones y los vehículos de carga de más de 3 toneladas (SMA-GDF, 2008a), donde no se considera ningún tipo de restricción para la circulación de este tipo de vehículos.

**Tabla 46. Emisiones por tipo de vehículos de carga, 2008 [ton/año]**

	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Tractocamión diesel	1,455	1,218	27,177	16,702	4,544	608	1,337,160
Carga >3 ton. diesel	466	389	5,765	3,370	1,023	215	370,936
Carga >3 ton. gasolina	68	49	127,922	4,454	6,530	1,058	599,696

## Escenario

El escenario se estableció suponiendo que los vehículos de carga aumentarían su velocidad de 20 a 40 km/hora al circular de noche.

Con base a los resultados que proporcionó el modelo mobile6 México, al aplicarlo a 20 km/h y 40 km/h, se obtuvo una fracción de reducción de emisiones.

**Tabla 47. Fracción de reducción de emisiones**

Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Tractocamión diesel	0.376	0.376	0.485	0.187	0.376	0.376	0.372
Carga >3 ton	0.376	0.376	0.485	0.230	0.376	0.376	0.372

Al aplicar la fracción de reducción a la línea base se obtiene la disminución de emisiones por el cambio de horario de circulación.

**Tabla 48. Reducción de emisiones [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
748	622	77,961	4,926	4,547	707	858,863

## 14. Fomentar la utilización del transporte escolar en la ZMVM

Se detectó que los padres de familia recorrían en promedio 20 millones de kilómetros al año para transportar a sus hijos en vehículos particulares, mientras que los autobuses que podrían realizar esos viajes, recorrerían solo 0.71 millones de kilómetros al año (SMA-GDFe, 2010). La reducción del kilometraje recorrido, se traduce en un menor consumo de combustible y de generación de emisiones.

## Escenario

La reducción se tomó de documento “Análisis de Prefactibilidad del Impulso del Programa de Transporte Escolar en la Ciudad de México” (Banco Mundial-SMA, 2008).

**Tabla 49. Emisiones que se dejarían de emitir con el programa de transporte escolar**

Categoría	Emisiones [ton/año]						CO <sub>2</sub>
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HCT	Tóxicos	
Escenario A	31	7.6	8,820	709	733	204	470,958

## 15. Establecimiento de metas de reducción de emisiones para la industria y los servicios.

Se pretende reducir las emisiones de partículas y de compuestos orgánicos volátiles (COV), mediante la instalación de equipos de control de emisiones. De la base de datos del Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM-2008, se seleccionaron las industrias con emisiones mayores a 50 ton/año para PM<sub>10</sub>, para el caso de los COV, se eligieron aquellas industrias que constituyen el 63% de la emisión de COV.

### Línea base

El Inventario de Emisiones 2008 reporta una emisión de 4,986 toneladas anuales de PM<sub>10</sub>, identificándose que tan solo 14 empresas emiten el 33% de la emisión, lo que equivalente a 1,630 ton/año (Tabla 50). Dado que estas empresas emiten más de 50 ton/año, se propone que instalen equipos de control.

**Tabla 50. Industrias de mayor emisión de partículas y % de contribución**

Razón Social	Emisión de PM <sub>10</sub> [ton/año]	% de Contribución
Compañía Proveedor de Ingredientes, S.A. de C.V.	182	4
Ideal Standard, S.A. de C.V. Planta santa clara	82	2
Harbison Walker Refractories, S.A. de C.V.	253	5
Cemex México, S.A. de C.V. (Planta Barrientos)	164	3
Turbofil S.A. de C.V.	96	2
Comercial mexicana de pinturas	272	5
Industrial de Pinturas Ecatepec, S.A. de C.V	77	2
Magnifil, S.A. de C.V (1)	48	1
Malta Texo de México, S.A. de C.V	69	1
Vidriera México, S.A. de C.V	101	2
Harinera la espiga, S.A. de C.V	54	1
Harinera barquín, S.A. de C.V	76	2
Central harinera S.A. de C.V	67	1
Transformadora de cacao, S.A. de C.V	88	2
<b>TOTALES</b>	<b>1,630</b>	<b>33</b>

## Escenario

Para el cálculo de las reducciones se propone instalar algún tipo de tecnología para el control de las PM<sub>10</sub>, como son:

- ✓ Sistema colector de polvos.
- ✓ Ciclones.
- ✓ Filtro de mangas.
- ✓ Precipitadores electrostáticos.
- ✓ Lavadores venturi.

Para el caso de la industria Cemex México, S.A. DE C.V. se propone, llevar a cabo una reconversión energética de combustóleo a gas natural o gas LP.

Para determinar la reducción de emisiones de PM<sub>10</sub> se consideró la instalación de alguna tecnologías de control, debido a que los equipos de control recién instalados tiene una eficiencia teóricamente del 99 %, este sería el porcentaje de reducción, obteniendo una disminución de 1,608 toneladas anuales (Tabla 51).

**Tabla 51. Reducción de emisiones**

Razón Social	Emisión de PM <sub>10</sub> [ton/año]	Reducciones de PM <sub>10</sub> [ton/año]
Compañía Proveedor de Ingredientes, S.A. de C.V.	182	180
Ideal Standard, S.A. de C.V. Planta santa clara	82	82
Harbison Walker Refractories, S.A. de C.V.	253	251
Cemex México, S.A. de C.V. (Planta Barrientos)	164	157
Turbofil S.A. de C.V.	96	95
Comercial mexicana de pinturas	272	270
Industrial de Pinturas Ecatepec, S.A. de C.V.	77	76
Magnifil, S.A. de C.V.	48	48
Malta Texo de México, S.A. de C.V.	69	68
Vidriera México, S.A. de C.V.	101	100
Harinera la espiga, S.A. de C.V.	54	54
Harinera barquín, S.A. de C.V.	76	75
Central harinera S.A. de C.V.	67	66
Transformadora de cacao, S.A. de C.V.	88	87
<b>TOTAL</b>	<b>1,630</b>	<b>1,608</b>

De acuerdo al Inventario de Emisiones 2008, las emisiones de COV ascienden a 129,178 toneladas anuales, de las cuales, 301 industrias contribuyen con el 63% de la emisión total con 80,786 ton/año. Por lo anterior, se propone que dichas industrias instalen algún equipo de control de emisiones de COV. Como ejemplo, a continuación se muestran 10 empresas con algún equipo de control, recomendado de acuerdo a su actividad.

**Tabla 52. Emisiones, equipo de control recomendado y reducción en las 10 principales industrias emisoras de COV**

Razón social	Proceso/actividad generadora de COV	Emisión de COV [ton/año]	Equipo de control	Eficiencia del equipo de control [%]	Reducción [ton/año]
Corporativo Gipnov, S.A. de C.V.	Uso de pentano y polímeros	12,785	Lavador de gases	99.9	12,772
Spirit México, S. de R. L. de C.V.	Uso de tintas	5,290	Cabina de pintura	98.9	5,232
Laboratorios Columbia, S.A. de C.V.	Uso de alcohol etílico	3,674	Lavador de gases	99.9	3,671
Masterpak, S.A. de C.V.	Uso de solventes orgánicos	3,406	Lavador de gases	99.9	3,403
Empaques de Cartón Titán, S.A. de C.V.	Uso de tintas	2,884	Cabina de pintura	98.9	2,853
Industrias Notesa, S.A. de C.V.	Uso de adhesivos	2,608	Lavador de gases	99.9	2,606
Envases y Laminados, S.A. de C.V.		2,483	Lavador de gases	99.9	2,480
Plásticos y Moldes Especializados, S.A. de C.V.	Uso de polímeros	2,406	Lavador de gases	99.9	2,403
Industrias Ascon, S.A.	Uso de nafta y tolueno	2,161	Lavador de gases	99.9	2,158
Q.B. Químicos De México S.A. de C.V. (Planta 1 Residentes)	Uso de alcohol metílico	2,090	Lavador de gases	99.9	2,088

La reducción total de emisiones de COV, se obtiene aplicando el porcentaje de eficiencia del equipo de control de COV recomendado a cada una de las emisiones generadas por las 301 empresas seleccionadas, como se muestra en la Tabla 52.

**Tabla 53. Reducción de emisiones de las industrias seleccionadas**

Número de Industrias	Reducción de COV [ton/año]
301	72,068

## **16. Aplicación de programas de reducción de gases de efecto invernadero en establecimientos industriales y de servicios**

Para contribuir con la reducción de emisiones y dar cumplimiento a uno de los compromisos frente al cambio climático, se pretende que las industrias ubicadas en la Zona Metropolitana del Valle de México que utilizan gas L.P., instalen calentadores solares.

### **Línea base**

Del Inventario de Emisiones 2008 se seleccionaron 869 industrias, las cuales reportan un consumo aproximado de 740,000 m<sup>3</sup>/año, de gas L.P.

**Tabla 54. Consumo de combustible**

Número de Industrias	Consumo actual de GLP (m <sup>3</sup> /año)	Consumo de GLP Instalando calentadores solares (m <sup>3</sup> /año)	Consumo de GLP que se dejaría de quemar (m <sup>3</sup> /año)
869	739,885	147,964	591,921

### Escenario

Para estimar la reducción de emisiones, primero se estiman las emisiones considerando el consumo actual de gas L.P. de las 869 industrias seleccionadas, posteriormente se realizó el cálculo de las emisiones considerando la instalación de los calentadores solares, y por último la reducción de emisiones resulta de la diferencia de estos dos cálculos.

En las Tablas 55 y 56 se presentan las emisiones que se generan por la quema actual de combustible.

De acuerdo al análisis realizado con la información de las industrias que han instalado calentadores solares, se tiene que se ha podido disminuir hasta un 80% el consumo de combustible.

**Tabla 55. Emisiones de la línea base y reducciones**

Emisiones [ton/año]						
Número de Industrias	Contaminantes	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV
869	Emisiones actuales	40	40	132	931	25
	Emisiones con la instalación de calentador solares	11	11	56	354	7
	<b>Reducciones</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>76</b>	<b>577</b>	<b>17</b>

Con esta medida, la industria disminuiría su consumo de gas L.P. en 591,921m<sup>3</sup>/año que equivale a dejar de emitir 977,978 toneladas anuales de gases de efecto invernadero.

**Tabla 56. Consumo de GLP y emisiones**

Número de Industrias	Consumo de GLP (m <sup>3</sup> /año)	Emisiones CO <sub>2</sub> [ton/año]
869	739,885	1'222,473
	<b>Consumo de GLP Instalando Calentadores solares (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Emisiones instalando Calentadores Solares [ton/año]</b>
	147,964	244,495
	<b>Consumo de GLP, que se disminuye (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Reducciones [ton/año]</b>
	591,921	977,995

## **17. Actualización de las normas de emisión de partículas sólidas en la industria y desarrollar las correspondientes para el control de compuestos orgánicos volátiles.**

Se plantea ampliar la aplicación de la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-011-AMBT-2007 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en fuentes fijas de jurisdicción del Distrito Federal que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen, a todas las industrias que se ubican en la ZMVM. Para cuantificar sus beneficios, se realizó el análisis a la base de datos del inventario de emisiones 2008 en dos partes, la primera parte para aquellas industrias que consumen solventes y la segunda parte para aquellas industrias que consumen productos que contienen algún solvente.

### **I. Cálculo de reducciones**

#### **Parte 1**

1. Se identificaron las empresas que consumen alguno de los solventes reportados en la NADF-011-AMBT-2007.
2. Se estimaron las emisiones individuales por consumo de solvente.
3. Se aplicaron los límites que contempla la NADF-011-AMBT-2007, a las empresas de la Federación y de competencia del Gobierno del Estado de México.
4. Se obtuvo la reducción.

#### **Resultados:**

De acuerdo al Inventario de Emisiones 2008, se tiene registrado un total de 181 empresas de jurisdicción Federal y Local del Estado de México que consumen y rebasan el límite de alguna o algunas sustancias que contempla la Tabla 1 del anexo 1 de la NADF-011-AMBT-2007. De acuerdo a los solventes empleados y agrupando todas aquellas empresas que los utilizan se presenta el siguiente escenario con la siguiente reducción estimada:

**Tabla 57. Reducción de emisiones de las industrias que consumen solventes**

Solvente	Número de industrias	Consumo [ton/año]	Emisión [ton/año]	Reducción [ton/año]
Acetaldehído	2	18,064	59	51
Acetato de Metilo, Butilo Isobutilo	40	14,552	3,911	2,839
Alcohol Butílico	7	2,059	589	533
Alcohol Metílico	8	10,087	2,540	2,219
Gas nafta	17	5,382	2,050	1,799
Heptano	3	451	379	239
Hexano	9	7,437	812	645
Metil etil cetona	8	1,190	257	140
Metil isobutil cetona	1	36	21	8
Alcohol Etilico	36	76,330	7,219	6,737
Propilenglicol	18	2,379	281	181
Thinner	19	3,340	777	547
Tolueno	64	15,897	4,987	4,405
Xileno	19	5,474	411	343
<b>Total</b>	<b>251*</b>	<b>162,678</b>	<b>24,293</b>	<b>20,683</b>

\*Se tiene un total de 181 empresas que consumen solventes, sin embargo, muchas de éstas tienen más de un consumo, por lo tal se presenta en la tabla anterior un total de 251 empresas.

## Parte 2

1. Identificar las empresas que consumen algún producto que contiene solventes
2. Aplicarles una composición de solvente
3. Separar sustancias y estimar emisiones
4. Aplicar límites
5. Obtener reducción

## Resultados:

Con base en el Inventario de Emisiones 2008, se tienen registradas 24 empresas de jurisdicción federal y local del Estado de México, que consumen algún recubrimiento y que de acuerdo a la siguiente tabla de composiciones, rebasan el límite del “xileno” que contempla la tabla 1 del anexo 1 de la NADF-011-AMBT-2007.

**Tabla 58. Industrias que lo consumen y que rebasan el límite de Xileno**

Recubrimiento	Composición	Industrias que lo consumen y que rebasan el límite
Pintura	18% xileno, 4% butil acetato, 3% metil isobutil cetona, 3% etil benceno, 1% n Butanol, 1% alcohol bencilico, 1%Tolueno, 1% metil etil cetona, 1% isopropanol, 1% solvente stoddard	21
Esmalte	12% butil acetato, 4% isopropanol, 3% xileno, 2% tolueno, 1% metil etil cetona	1
Barniz	1% xileno	1
Lacas	12% butil acetato, 4% isopropanol, 3% xileno, 2% tolueno, 1% metil etil cetona	1
	<b>Total</b>	<b>24</b>

De estas empresas y considerando la composición anterior se tendría la siguiente reducción:

**Tabla 59. Reducción de emisiones de industrias que consumen productos con solventes**

Recubrimiento	Emisión [ton/año]	Reducción [ton/año]
Pintura	580	391
Esmalte	14	8
Barniz	19	13
Lacas	11	5
	<b>625</b>	<b>418</b>

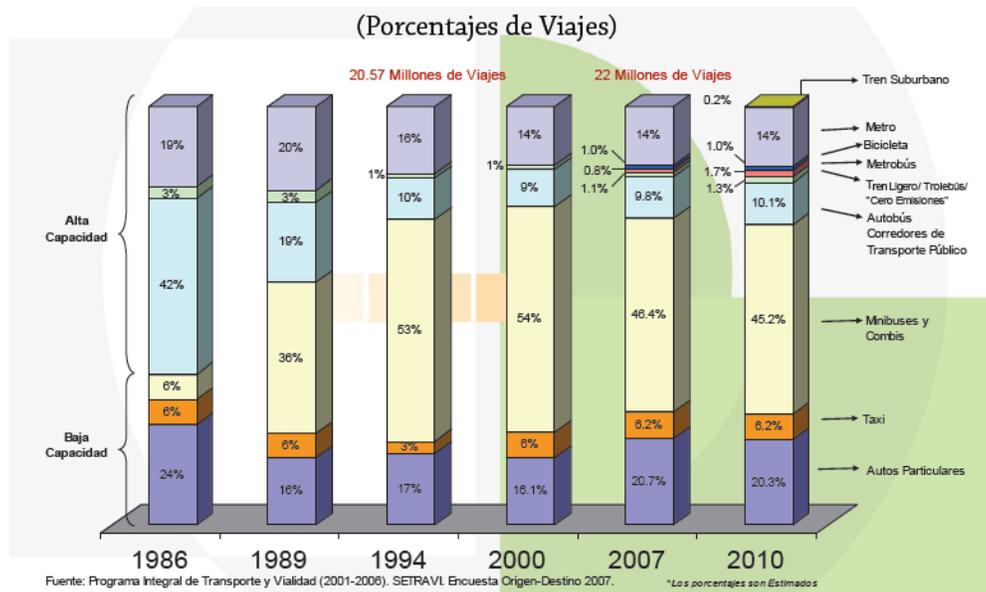
Con lo antes mencionado, la reducción total de COV será de 21,102 ton/año.

### 18. Operación de la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro)

Actualmente el STC Metro de la Ciudad de México es la columna vertebral del transporte de pasajeros de la ZMVM, el cual da servicio a 4.356 millones de usuarios al día; y se espera que la nueva línea 12, de servicio a 475 mil usuarios al día.

Se estima que con la operación de la línea 12 del metro, el STC Metro aumentará en 1.5% su participación en el reparto modal pasando del 14% al 15.5%.

**Figura 18.1. Reparto modal de la ZMVM**



Fuente: SETRAVI, 2009.

## Línea base

La línea base representa las emisiones de los autos particulares, taxis y colectivo que están reportadas en el Inventario de Emisiones 2008.

**Tabla 60. Emisiones de la línea base [ton/año]**

Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NOx	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Autos particulares	963	511	638,104	60,662	90,653	23,783	11'871,316
Taxis	183	96	190,259	20,995	14,362	4,375	2'254,964
Colectivo	101	61	220,398	16,791	21,648	3,624	2'197,269

## Escenario

Se asume que el aumento del 1.5% del reparto modal del sistema metro, repercutirá en la misma proporción, en el reparto modal del transporte colectivo, de taxis y autos particulares.

**Tabla 61. Reparto modal estimado**

Tipo de vehículo	Reparto modal %		
	Actual	Estimado	Factor de reducción
Colectivo	45.2	44.25	0.95
Taxis	6.2	6.07	0.13
particulares	20.3	19.88	0.42
	<b>71.7</b>	<b>70.20</b>	<b>1.50</b>

La reducción de emisiones se obtiene al aplicar el factor de reducción a la línea base.

**Tabla 62. Reducción de emisiones por la operación de la Línea 12 del Metro [ton /año]**

Tipo de vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NOx	COV	Tóxico	CO <sub>2</sub>
Autos particulares	9.1	4.8	6,034.0	573.6	857.2	224.9	112,256.0
Taxis	0.2	0.1	246.8	27.2	18.6	5.7	2,924.8
Colectivo	0.4	0.3	936.0	71.3	91.9	15.4	9,331.5
<b>Total</b>	<b>9.8</b>	<b>5.2</b>	<b>7,216.7</b>	<b>672.2</b>	<b>967.8</b>	<b>246.0</b>	<b>124,512.3</b>

## 19. Promoción del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no contaminante

Según la Encuesta Origen-Destino 2007, en la ZMVM se realizan 6'276,400 viajes privados en automóvil, por lo que la medida pretende sustituir un 4% de estos viajes por el uso de la bicicleta.

### Línea base

Para establecer la línea base, se asume que el 4% de los viajes en automóvil que se sustituyen por el uso de la bicicleta tienen un recorrido promedio de 7 kilómetros.

Con la información anterior, se estiman los kilómetros que dejarán de recorrer los automóviles por el uso de la bicicleta

7 km	Se tomó un promedio de siete kilómetros por viaje
251,056	No. de viajes diarios (corresponde al 4% de los viajes privados en automóvil)
1'757,392	Recorrido total diario [km/día]
641'448,080	Recorrido total anual [km/año]

### Escenario

La reducción de emisiones anual, se estima al multiplicar los 641'448,080 km/año que dejarán de recorrer los autos particulares con cada uno de los factores de emisión correspondientes a cada contaminante, ver Tabla 63.

Tabla 63. Factores de emisión y reducción de emisiones

	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Factor de emisión [g/km]	0.018	0.009	11.585	1.098	1.705	0.370	206
Reducción de emisiones [ton/año]	12	6	7,431	704	1,094	237	132,138

## 20. Operación de líneas de Tren Suburbano

Esta medida consiste en construir y operar dos líneas más de tren Suburbano: Carrera-Jardines y Nezahualcóyotl-La Paz.

## Línea base

La línea base corresponde a las emisiones de autos particulares, microbuses y combis del Inventario de Emisiones de la ZMVM 2008.

**Tabla 64. Emisiones de la línea base [ton/año]**

	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>COV</b>	<b>Tóxicos</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Autos particulares	963	511	638,104	60,662	90,653	23,783	11'871,316
Microbuses y combis	101	61	220,398	16,791	21,648	3,624	2'197,269

## Escenario

Con base en los valores de la Figura 18.1, se obtiene la Tabla 65, la cual representa la participación del reparto modal de los nuevos modos de transporte que se incorporaron del 2007 al 2010, para establecer la participación del tren suburbano Buenavista-Cuautitlán.

**Tabla 65. Reparto modal 2007-2010**

	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Fracción %</b>
Suburbano	0	0.2	0.2	0.13
Metrobús	0.8	1.7	0.9	0.56
Cero emisiones	1.1	1.3	0.2	0.13
Autobús RTP	9.8	10.1	0.3	0.19
			<b>1.6</b>	<b>1.00</b>

De igual forma con base en la Figura 18.1, en la Tabla 66 se establece la reducción de viajes en auto particular, minibuses y combis que se presentó en el mismo periodo.

**Tabla 66. Reducción de viajes en autos particulares, minibuses y combis 2007-2010**

	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>Reducción de viajes</b>
Auto particular	46.4	45.2	1.2
Minibús combi	20.7	20.3	0.4
			<b>1.6</b>

Se asume que los porcentajes de reducción de viajes, son los porcentajes de reducción de emisiones de sus respectivos sectores.

**Tabla 67. Reducción de emisiones en autos particulares, minibuses y combis 2007-2010**

	Emisiones [ton/año]						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Autos particulares	25	13	16,503	1,569	2,344	615	307,017
Microbuses y Combis	2	1	4259	324	418	70	42,459
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>20,762</b>	<b>1,893</b>	<b>2,763</b>	<b>685</b>	<b>349,476</b>

Al aplicar el porcentaje de participación del Suburbano a la Tabla 65, se obtienen las emisiones que se dejan de emitir debido a la operación del suburbano Buenavista-Cuautitlán.

**Tabla 68. Reducción de emisiones por la operación del sistema de tren suburbano Buenavista-Cuautitlán.**

Emisiones [ton/año]						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
3.4	1.8	2,595.2	236.7	345.3	85.6	43,684.5

Para estimar la reducción de los otros dos sistemas, se asume que la reducción de emisiones del sistema de trenes suburbanos de Buenavista-Cuautitlán es proporcional al número de pasajeros transportados.

**Tabla 69. Pasajeros transportados**

Rutas de suburbano	pasajeros/día	Factor de proporción
Buenavista-Cuautitlán	320,000	1.0
Carrera-Jardines	250,000	0.8
Nezahualcoyotl-La Paz	358,000	1.1

**Tabla 70. Reducción de emisiones del escenario [ton/año]**

Sistema	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
Carrera-Jardines	3	1	2,027	185	270	67	34,129
Nezahualcoyotl-La Paz	4	2	2,903	265	386	96	48,872
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4,931</b>	<b>450</b>	<b>656</b>	<b>163</b>	<b>83,001</b>

## 21. Incrementar el número de las rutas Metrobús y Mexibús.

A la fecha el Gobierno del Distrito Federal ha puesto en marcha tres líneas de Metrobús y el Gobierno del Estado de México una línea de Mexibús.

Esta medida pretende sustituir 3,124 microbuses por nuevas unidades de autobuses articulados para ampliar la cobertura del Metrobús y Mexibús.

## Línea base

La línea base está conformada por las emisiones de 3,124 microbuses, considerando que recorren 200 km/día y operan 313 días al año; sus kilómetros recorridos ascienden a 195.5 millones. A continuación se presentan las emisiones de tales microbuses.

**Tabla 71. Emisiones, línea base de 3,124 microbuses [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
4.0	2.0	4,693.0	199,474.0	1,115.0	1,487.0	76.3	199,474

## Escenario

El escenario se determinó con las emisiones de 678 autobuses articulados que sustituyen a los microbuses (Tabla 73). Los kilómetros recorridos se estiman considerando los siguientes datos de actividad: para día hábil 191.9 km y día inhábil 166.2 km, dando como resultado un recorrido total anual de 45.5 millones de kilómetros. Se utilizaron los límites de emisión EURO IV (Tabla 72), con un rendimiento de 1.5 km/l. Debido a que estos autobuses usarán diesel de ultra bajo contenido de azufre, también se considera el uso de filtros de partículas.

**Tabla 72. Límites de emisión EURO IV para vehículos a diesel [g/km]**

CO	NO <sub>x</sub>	HC	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>
3.64	8.50	1.11	0.048	954.51

Fuente: <http://www.dieselnets.com/standards/eu/hd.php>; IE-2008

**Tabla 73. Emisiones del escenario Metrobús y Mexibús [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
0.2	0.1	17	199	50	20	38,149

La reducción de emisiones se estimó restando las emisiones de la Tabla 73 a la Tabla 71.

**Tabla 74. Reducción de emisiones [ton/año]**

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
4	2	4,676	916	1,437	56	161,325

## Bibliografía

Ambientalis (2010). Resultados del estudio realizado para evaluar el desempeño ambiental y operación de los vehículos híbridos diesel-eléctricos de más de 3,857 kg de peso bruto vehicular [digital].

Banco Mundial-SMA (2008). Análisis de prefactibilidad del impulso del transporte escolar en la Ciudad de México. Proyecto: Introducción de Medidas Ambientalmente Amigables en Transporte – PIMAAT. 243 p.

Cal y Mayor y Asociados S.C (2005). Measuring Carbon Emission Reductions From Urban Transportation Projects. Vol 2 Insurgentes Corridor Case Study Mexico City. SENES Consultants limited-. for The World Bank.

CONUEE (2009a). ¿Qué debe saber un operador profesional sobre eficiencia energética? [en línea]. México, D. F. Consultado en septiembre de 2010 de: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/documentos\\_transporte\\_carga\\_y\\_pasaje](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/documentos_transporte_carga_y_pasaje)  
[http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6520/4/Guia\\_rendimientos09\\_.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6520/4/Guia_rendimientos09_.pdf)

CONUEE (2009b). Guía del Uso Eficiente de Energía en el Automóvil 2009. [en línea].  
[http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6520/4/Guia\\_rendimientos09\\_.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6520/4/Guia_rendimientos09_.pdf)

Diario Oficial de la Federación (2008). Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-011-AMBT-2007 Que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en fuentes fijas de jurisdicción del Distrito Federal que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen.  
<http://www.anpact.com.mx/marco/normas/NOM-045-SEMARNAT-2006.pdf>

Diario Oficial de la Federación (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. [en línea]. México, D. F. Consultado en agosto de 2010 de: [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/nadf\\_011\\_ambt\\_2007.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/nadf_011_ambt_2007.pdf)

Dieselnet (2010). Rendimiento de combustible para vehículos >3.5 toneladas a diesel, entra en vigor a partir de 2015. <http://www.dieselnet.com/standards/jp/fe.php#hd>

GDF (2010). Informe 2010 de Avances del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2006-2012. México, D. F.

GDF (2008). Flota vehicular del Gobierno del Distrito Federal [digital].

GDF-RTP (2006). Transporte público y sustentabilidad urbana. La RTP y la calidad del aire en la Ciudad de México. La experiencia 2000-2006. México, D.F., 111 p.

INEGI-GDF Gobierno del Estado de México (2007). Encuesta 2007 Origen-Destino, 135 p.

RTP (2006). [Base de datos] Información vehicular de RTP. México, Distrito Federal.

Sergio Zirath Villaseñor (2011). Director de Programas de Transporte Sustentable y Fuentes Móviles. Comunicación directa.

SETRAVI (2009). Anuario 2009, 107 p. [digital].

SMA-GDFa (2010). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM. México, D. F. [en línea]. [http://www.sma.df.gob.mx/inventario\\_emisiones/](http://www.sma.df.gob.mx/inventario_emisiones/)

SMA-GDFb (2010). Inventario de emisiones de contaminantes tóxicos de la ZMVM. México, D. F. [en línea]. [http://www.sma.df.gob.mx/inventario\\_emisiones/](http://www.sma.df.gob.mx/inventario_emisiones/)

SMA-GDFc (2010). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ZMVM. México, D. F. [en línea]. [http://www.sma.df.gob.mx/inventario\\_emisiones/](http://www.sma.df.gob.mx/inventario_emisiones/)

SMA-GDFd (2010) Cuarto Informe de Trabajo Octubre 2010. 226 p. [en línea] [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/4informe\\_sma/4informesma.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/4informe_sma/4informesma.pdf)

SMA-GDFe (2010). Informe del PROTE Fase I. México, D. F.

SMA-GDF (mayo del 2008). Seis medidas metropolitanas de Calidad del Aire. Estimación de la reducción de emisiones. México, D. F.

SMA-GDFa (2006). Campañas de monitoreo ambiental a distancia de vehículos [en línea]. México, D. F. Consultado en julio de 2010 de: [http://www.prote.com.mx/documentos/sensor\\_remoto2.pdf](http://www.prote.com.mx/documentos/sensor_remoto2.pdf)

SMA-GDFb (2006). Pruebas en campo de autobuses de tecnologías alternativas en la Ciudad de México. Reporte Final. Componente III de Tecnologías de Autobuses. Equipo de Transporte y Cambio Climático. Región Latinoamérica y Caribe. Publicaciones de Desarrollo Sustentable.

SMA-GDF y RTP (2006). Proyecto Piloto RETROFIT en los vehículos a diesel de la Ciudad de México. [digital].