

# ESTRATEGIAS AMBIENTALES INTEGRADAS – BOGOTÁ



Informe 4.  
Noviembre  
2011

Informe 4. Desafíos de implementación



## CONTENIDO

### INFORME 4

<b>ESTRATEGIAS AMBIENTALES INTEGRADAS – BOGOTÁ</b> .....	<b>1</b>
CONTENIDO .....	2
<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>ACTIVIDADES</b> .....	<b>5</b>
<b>RESULTADOS CONCRETOS</b> .....	<b>6</b>
<b>SIGLAS</b> .....	<b>7</b>
CAPÍTULO 1 – SÍNTESIS DE PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO .....	8
CAPÍTULO 2 – EVALUACIÓN FINANCIERA - ESTRATEGIA DE TECNOLOGÍAS .....	19
CAPÍTULO 3 – ASPECTOS CONTRACTUALES.....	30
3.1.1. Renovación de flota.....	30
3.1.2. Nuevas tecnologías.....	30
3.1.3. Conducción verde.....	31
3.1.4. Sistema de Gestión Ambiental .....	31
3.1.5. Infraestructura.....	32
<i>Entrada de nuevas fases de TransMilenio o nuevos sistemas de transporte (v.g. Metro y Tren de cercanías)</i> .....	32
3.1.6. Optimización de rutas.....	32
3.1.7. Medidas Complementarias .....	33
3.1.8. Oferta económica .....	33
Nuevas Tecnologías .....	34
Cronograma acelerado de renovación.....	34
Incremento de las exigencias en conducción verde.....	34
Transmilenio Fase IV .....	34
CAPÍTULO 4 – ORGANISMOS DE CONTROL Y REGULACIÓN .....	35
CAPÍTULO 5 – CAPACITACIÓN .....	52
CAPÍTULO 6 – FINANCIAMIENTO .....	54
CAPÍTULO 7 – ESTÍMULOS .....	57
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>59</b>

# Desarrollo de una Estrategia Ambiental Integrada para una Movilidad Sustentable en Bogotá

## Informe 4 – Evaluación de medidas

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA

### ESTRATEGIAS AMBIENTALES INTEGRADAS – BOGOTÁ

Interesantes y relevantes estudios en la evaluación de la calidad del aire en microambientes asociados al transporte público han permitido entender cuáles son los principales contaminantes asociados a la combustión de diesel y gasolina y cuáles de ellos afectan en mayor medida la salud de una población acorde con las características del sistema de combustión, calidad del combustible, tecnología de reducción de emisiones (catalizadores, filtros de partículas), entre otras. Gracias a esos estudios tenemos evidencia de que el material particulado (PM), contaminante principalmente asociado al diésel afecta la salud pública de una población. Siendo éste uno de los de mayor interés dado que es el contaminante criterio que presenta mayores excedencias en Bogotá.

De igual forma resulta interesante la recopilación de diferentes estudios desde el punto de vista de los expertos en transporte que enfocan todos sus esfuerzos en modelar la dinámica del sistema con el fin de mejorar la movilidad de una forma eficiente y efectiva, para lo cual se basan en herramientas que permiten entender los impactos de una medida antes de su implementación.

Dada la estrecha relación entre el área ambiental y la de transportes recientemente ha crecido el número de estudios conjuntos de estas dos disciplinas con el fin de obtener resultados integrados que permitan ser más eficientes en los procesos de toma de decisiones a nivel de movilidad y con un impacto positivo en la calidad del aire de una ciudad. Bajo este contexto, en el actual informe se evalúan cómo herramientas como la modelación de transportes complementa los análisis asociados a calidad del aire, especialmente en microambientes del sector transporte, para una metrópolis como Bogotá, permitiendo que dichos análisis sean mucho más precisos, lo cual permite proponer medidas operativas y de gestión que optimicen los beneficios de la implementación de un Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), no sólo en movilidad sino en la salud pública de la población que transita o pasa parte del día en corredores y vehículos.

Acorde con el enfoque multidisciplinario para el diseño de Estrategias Ambientales Integradas (EAI), según la metodología de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) se plantean dentro del presente proyecto los siguientes objetivos y actividades específicas que deben ser llevados a cabo bajo el proyecto de EAI-Bogotá por el Clean Air Institute (CAI) y la Universidad de los Andes (UNIANDES).

#### OBJETIVOS

Los objetivos principales del proyecto EAI-Bogotá incluyen:

- Profundizar en la comprensión de los costos ambientales y sus beneficios en el SITP de Bogotá.

- Evaluar los impactos de las emisiones del SITP en una escala local a través del estudio de toda la red vial, basados en la definición de las tipologías de corredor.
- Calcular los impactos ambientales y en salud pública de los cambios potenciales para el SITP propuestos por el CAI y UNIANDES, así como otras políticas o medidas de transporte que puedan afectar el SITP; por ejemplo, medidas que puedan desmotivar el uso de carros particulares.
- Priorizar y evaluar el mejor conjunto de proyectos para maximizar los beneficios ambientales y de salud.
- Avanzar en la práctica del enfoque de las EAI como un proceso analítico y de construcción para evaluar y priorizar intervenciones en el transporte en las ciudades de Latinoamérica.

## ACTIVIDADES

Este proyecto tiene 11 actividades básicas:

1. Definición del alcance del proyecto.
2. Creación de escenarios de referencia para transporte, consumo de energía y emisiones.
3. Configuración y definición de escenarios alternativos como resultado de la implementación del SITP.
4. Formulación de medidas específicas complementarias al SITP.
5. Cálculo de concentraciones atmosféricas.
6. Estimación de las variaciones en contaminación auditiva.
7. Evaluación de la concentración a MP y carbón elemental en el nivel de corredor.
8. Cuantificación y valoración de los efectos en la salud pública.
9. Cálculo de la disminución de las emisiones GEI y de la curva del costo marginal de reducción.
10. Priorización de las mediciones.
11. Soporte para la implementación de medidas.

## RESULTADOS CONCRETOS

INFORME	NÚMERO DE ACTIVIDAD BAJO CONTRATO	ACTIVIDAD	FECHA LÍMITE
Informe 1a:	3.1	Definición del alcance del proyecto. Delimitación y presentación del alcance del trabajo.	Noviembre 24, 2010
Informe 1b:	3.2	Definición de línea base.	Diciembre 24, 2010
Informe 2:	3.3 y 3.4	Modelación, definición de escenarios y ; Formulación de acciones.	Febrero 2011
Informe 3:	3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9	Cálculo de concentraciones atmosféricas; Cuantificación de beneficios en contaminación auditiva; Evaluación de exposición personal (*); Valoración económica de los beneficios en salud; Cálculo de reducción de emisiones de GEI; Priorización de Medidas.	Septiembre 2011
<b>Informe final:</b>	<b>3.10</b>	<b>Apoyo a la implementación de medidas.</b>	<b>Octubre 2011</b>

\*Esta actividad fue incluida después del contrato. Es un resultado de la actividad 3.1

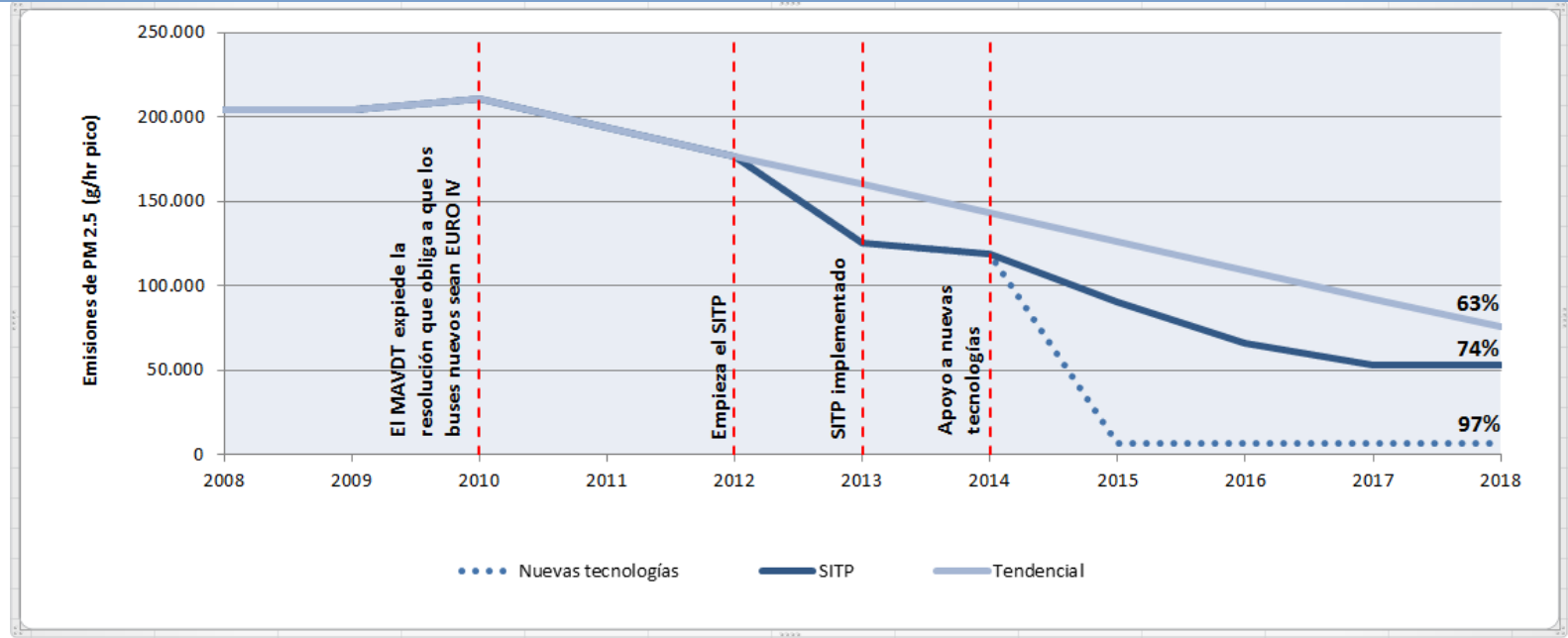
## SIGLAS

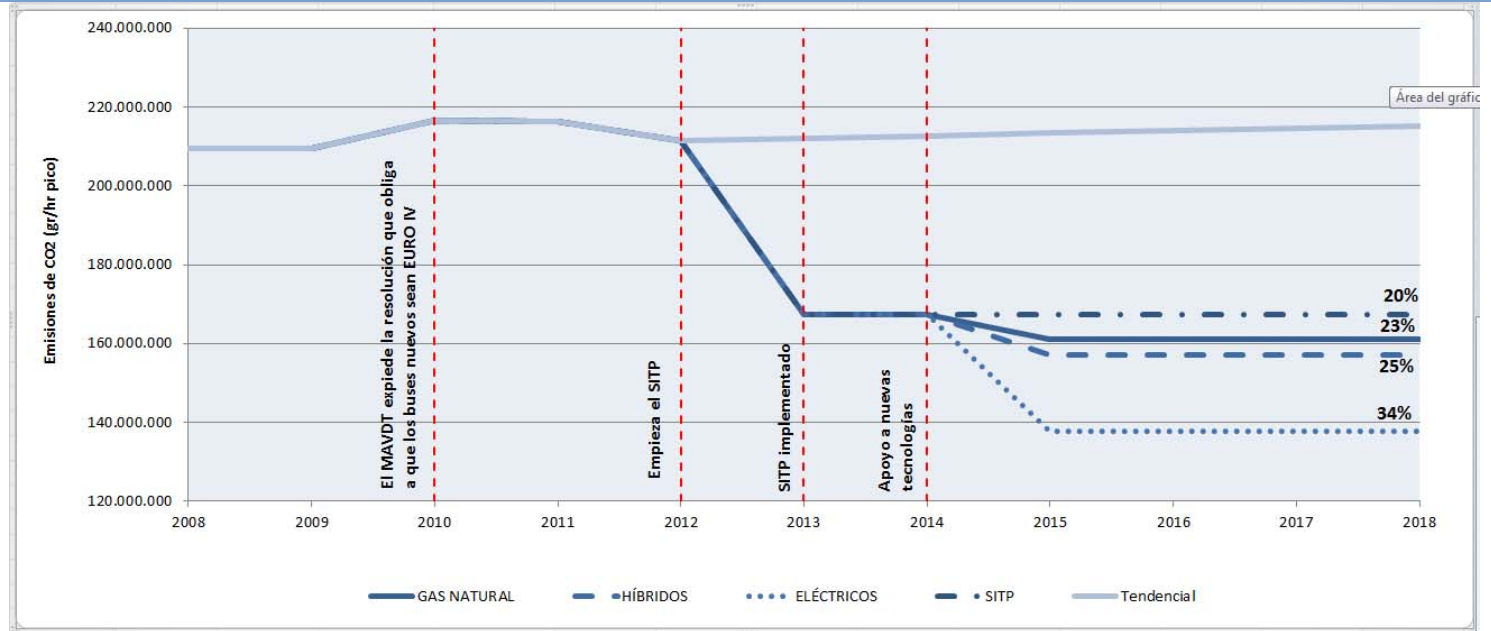
BEB	Bus Eléctrico de Baterías
BRC	Banco de la República de Colombia
COP	Peso colombiano
DME	Dimetil eter
Gal	Galón
GNC	Gas Natural Comprimido
HEB	Bus Híbrido Eléctrico
KWh	Kilovatio-hora
m <sup>3</sup>	metro cúbico
PDDAB	Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá
PIB	Producto Interno Bruto
RESPEL	Residuos peligrosos
SIPG	Sistema de Información de Petróleo y Gas colombiano
SIEL	Sistema de Información Eléctrico colombiano
TM	Transmilenio
TPC	Transporte público colectivo
TPM	Transporte público masivo
und	Unidad
USD	Dólar estadounidense

## CAPÍTULO 1 – SÍNTESIS DE PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

Estrategia	1. Buses con tecnologías más limpias
<b>Descripción</b>	<p><b>Propuestas tecnológicas:</b></p> <p>Se ha calculado que, para 2018, alrededor de la cuarta parte de los vehículos (2175) del SITP no alcanzan a ser renovados por flota con estándares de emisión EURO IV. Con esta condición en mente, el objetivo de la migración tecnológica es aprovechar la oportunidad de renovación de estos vehículos para ir más allá del estándar de emisión EURO IV y adquirir vehículos de Gas Natural, Híbridos en paralelo no enchufables o Buses eléctricos de baterías que reemplacen el mismo número de vehículos que aún no cumplen el estándar, ver características de las tecnologías en Informe 3.</p>
<b>Potencial de disminución de emisiones</b>	Partiendo del Escenario 3, se propone la eventual entrada en operación de vehículos de tecnologías limpias. En cuanto al potencial de reducción de emisiones al año para los vehículos objetivo (2172) se obtuvieron los siguientes resultados:







**Nota.** Aunque se ha realizado una propuesta para la implementación de nuevas tecnologías a partir del 2015, es importante resaltar que los beneficios en reducción de emisiones se mantendrán durante toda la vida útil del vehículo a partir del inicio de su operación.

Se determinaron los costos aproximados<sup>1</sup> de la migración del 25% de la flota (2175 buses) a las tecnologías propuestas:

Costos /  
Evaluación  
financiera

Tecnología	VPN 12% @10 años (MCOP)	VPN 12% @10 años (MUSD)
GNC	(\$ 12.380) - (\$ 73.350)	(\$ 6,3) - (\$ 37,3)
HEB	(\$ 678.400) - (\$ 1.216.350)	(\$ 345,0) - (\$ 618,6)
BEB	(\$ 2.024.880) - (2.791.920)	(\$ 1.029,8) - (\$ 1.419,9)

<sup>1</sup>Resultado del cálculo del VPN del 12% a 10 años para cada tecnología, se consideró los costos del vehículo, infraestructura, mantenimiento y capacitación, adicionalmente considera el ahorro en combustible.

Costos por  
reducción  
por Ton.

<i>COP/Ton</i>	<b>GNC</b>	<b>HEB</b>	<b>BEB</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	\$ 54.880 - \$ 325.150	\$ 1.849.500 - \$ 3.316.020	\$ 1.906.430 - \$ 2.628.600
<b>PM</b>	\$ 12.518.310 - \$ 74.167.020	\$ 683.906.730 - \$ 1.226.195.380	\$ 2.022.462.510 - \$ 2.788.588.540

<i>USD/Ton</i>	<b>GNC</b>	<b>HEB</b>	<b>BEB</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	\$ 27,91 - \$ 165,36	\$ 940,62 - \$ 1.686,46	\$ 969,57 - \$ 1.336,85
<b>PM</b>	\$ 6.366,56 - \$37.719,84	\$ 347.821,10 - \$ 623.618,13	\$ 1.028.583,46 - \$ 1.418.219,63

**Estrategia****2. Renovación de la Flota****Descripción**

El ingreso de buses nuevos disminuye la edad promedio del parque automotor. Se tiene planificado que la renovación de la flota se lleve a cabo con el tiempo, con un fuerte ingreso en el primer año de operación. Este pico busca reemplazar un gran número de vehículos que no cumple la edad o las características técnicas requeridas en los contratos de concesión, teniendo un impacto relevante en las emisiones de gases y material particulado.

Con el tiempo, la edad promedio de la flota va cambiando, en la medida en que nuevos vehículos entren a la operación en remplazo de aquellos que han cumplido con los requerimientos operativos dentro del sistema. Pero como los buses que hoy son nuevos, dentro de diez años ya serán viejos, se requerirá que haya cambios regulares para mantener el promedio de la edad de la flota. Se estima que en todos los años, la edad promedio no supera una diferencia de seis años con respecto al año en operación.

Se proponen dos estrategias esquemas de renovación:

- Priorización por corredor de mayor carga y por ende con un impacto drástico en la exposición personal, estos coinciden con los de la distribución de la fase 4, ver corredores como el de la Caracas, Av. 68, Av. Boyacá, Av. 1º de mayo.
- Priorización por zonas de mayor contaminación, según datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, siendo los operadores de Perdomo, Bosa, Jennedy, Tintal, Fontibón y Engativá, los que se encuentran autorizados en la operación de dichas zonas.

Esta estrategia comprende el siguiente cronograma de renovación, acorde con la planeación actual del SITP:

<b>Característica TPC y TPM</b>	<b>Año Modelo</b>	<b>No. Vehículos</b>
TPC y TPM que operarán en el SITP sin EURO IV.	2007-2010	2.795
TPC y TPM que operarán con Euro por igual o superior a Euro IV, según normatividad actual del Ministerio de Ambiente.	2011-2014	3.842
	2015-2018	6.454
<b>Total</b>		<b>13.091</b>

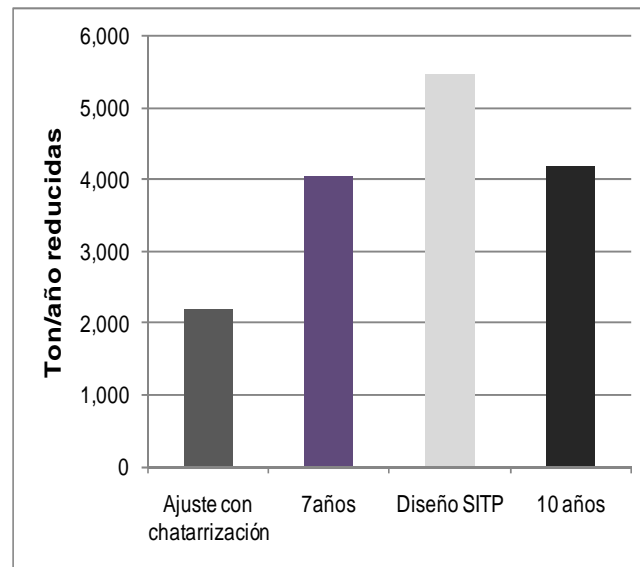
Aunque los procedimientos de renovación de la flota implican perse un impacto sustancial en la reducción de emisiones, este podría ser

aún mucho más ambicioso si la normatividad colombiana exigiese tecnología Euro o su equivalente con un delay de años con respecto a la normatividad europea, esto implicaría que podríamos tener vehículos Euro V para los modelos 2011-2014 y Euro VI para los modelos 2015-2018.

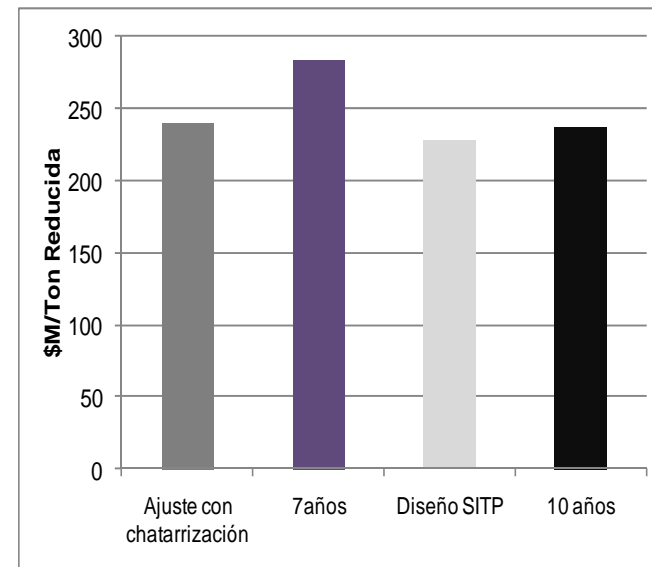
En cuanto al potencial de reducción de emisiones se obtuvieron los siguientes resultados:

Potencial  
de  
disminución  
de  
emisiones

**Beneficio**



**Costo / Beneficio**



**NOTA:** - El beneficio está expresado en toneladas de PM reducidas.  
- El costo incluye la adquisición de nuevos vehículos y la instalación de sistemas de control en vehículos remanentes

Estrategia	3. Conducción Verde
<b>Descripción</b>	Se entiende por conducción verde o eficiente, el conjunto de técnicas, reglas y actitudes por parte de los conductores para lograr una operación óptima del vehículo que redunde en un consumo eficiente de energía, menores costos de combustible y mantenimiento, disminución de emisiones y seguridad y confort de conductores y usuarios.
<b>Potencial de disminución de emisiones</b>	Acorde con el modelo de emisiones, se observan porcentajes de reducción de emisiones con respecto a las emisiones asociadas si todos los vehículos fueran Euro IV y con respecto al año base, con porcentajes de reducción que oscilan entre el 9 y 30%, respectivamente.
<b>Costos / Evaluación financiera</b>	<p>Los costos asociados a conducción verde contemplan los costos de capacitación y los costos de instrumentación.</p> <p>Pese a que la estructura actual con los programas de formación empresarial que ofrece el SENA los costos asociados a capacitación son nulos, independientemente del número de horas desarrollado, se asumió un costo mínimo relacionado al valor hora/hombre por capacitación en relación al salario mínimo legal vigente. Bajo este contexto los costos de capacitación se especifican a continuación:</p> <p><b>Costos obligatorios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos del programa de formación si se realiza con el SENA<sup>2</sup> USD\$ 0</li> <li>• Costo indirecto<sup>3</sup> de la capacitación por perdons USD\$ 430 (C. ingreso \$270 y C. refuerzo \$160)</li> </ul> <p><b>Costos opcionales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de formación para instructores en Colombia (valor aproximado, varía según el profesor externo) USD\$ 5.000</li> <li>• Costos de la instrumentación de monitoreo, necesaria para realizar el seguimiento USD\$ 15.000 – 25.000</li> <li>• Costos de simuladores USD\$ 2.500 – 10.000</li> </ul> <p><sup>2</sup>Independiente al número de horas o personas.</p> <p><sup>3</sup>Se asume un costo para un mínimo de 230 horas de capacitación (incluye la de ingreso y refuerzo) asociado al costo de una hora laboral con base al SMLV para 2011.</p>

Estrategia	4 A. Infraestructura – Nuevas troncales de Transmilenio																									
<b>Descripción</b>	En la ciudad se han identificado corredores cuyos niveles de demanda requieren troncales de transporte masivo; tal es el caso de la Av. 68, Av. Boyacá y Av. Primero de Mayo que cuentan con niveles de demanda importantes. Para 2008 estos corredores tenían cargas superiores a 21.000 pasajeros/hora/sentido para los corredores longitudinales y 10.000 pasajeros/hora/sentido para la Av. Primero de mayo. Es importante resaltar que en la última década la ciudad ha adquirido experiencia en el desarrollo de corredores de transporte Masivo tipo Transmilenio. En esta línea, la construcción de nuevas fases de Transmilenio en éstos corredores tiene como objetivo aumentar la capacidad del sistema de transporte público y mejorar el nivel de servicio de algunas vías.																									
<b>Potencial de disminución de emisiones</b>	El Escenario 4 desarrollado por UniAndes, contempla la eventual entrada en operación de los corredores de la Av. 68, Av. Boyacá y Av. Primero de Mayo para 2018, generando con esta una reorganización de las rutas del sistema integrado por estos corredores. En cuanto al potencial de reducción de emisiones se obtuvieron los siguientes resultados:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Escenario</th> <th colspan="3">PM<sub>2.5</sub></th> <th colspan="3">CO<sub>2</sub></th> </tr> <tr> <th>Emisiones por pasajero (g/pax)</th> <th>Emisiones Totales (g h-1)</th> <th>Reducción (%)</th> <th>Emisiones por pasajero (kg/pax)</th> <th>Emisiones Totales (kg h-1)</th> <th>Reducción (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SITP en 2018 + TM</td> <td>0,05</td> <td>41000</td> <td>80%</td> <td>0,17</td> <td>134000</td> <td>36%</td> </tr> </tbody> </table>		Escenario	PM <sub>2.5</sub>			CO <sub>2</sub>			Emisiones por pasajero (g/pax)	Emisiones Totales (g h-1)	Reducción (%)	Emisiones por pasajero (kg/pax)	Emisiones Totales (kg h-1)	Reducción (%)	SITP en 2018 + TM	0,05	41000	80%	0,17	134000	36%					
Escenario	PM <sub>2.5</sub>			CO <sub>2</sub>																						
	Emisiones por pasajero (g/pax)	Emisiones Totales (g h-1)	Reducción (%)	Emisiones por pasajero (kg/pax)	Emisiones Totales (kg h-1)	Reducción (%)																				
SITP en 2018 + TM	0,05	41000	80%	0,17	134000	36%																				
<b>Nota:</b> Los resultados calculados no tienen en cuenta otras estrategias de reducción de emisiones como nuevas tecnologías o renovación de flota.																										
<b>Costos / Evaluación financiera</b>	Tomando como referencia el rango de costos <sup>5</sup> de las troncales de Transmilenio construidas, se determinaron los costos aproximados de la construcción de las troncales propuestas:																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Corredor de Transmilenio</th> <th>Longitud [km]</th> <th>Costo total [M USD]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Av. Carrera 68</td> <td>34</td> <td>\$ 510 - 680</td> </tr> <tr> <td>Av. Boyacá</td> <td>20</td> <td>\$ 300 - 400</td> </tr> <tr> <td>Av. Primero de Mayo</td> <td>11</td> <td>\$ 165 - 220</td> </tr> </tbody> </table>		Corredor de Transmilenio	Longitud [km]	Costo total [M USD]	Av. Carrera 68	34	\$ 510 - 680	Av. Boyacá	20	\$ 300 - 400	Av. Primero de Mayo	11	\$ 165 - 220													
Corredor de Transmilenio	Longitud [km]	Costo total [M USD]																								
Av. Carrera 68	34	\$ 510 - 680																								
Av. Boyacá	20	\$ 300 - 400																								
Av. Primero de Mayo	11	\$ 165 - 220																								
<sup>5</sup> Rango de costos por kilómetro de troncal tomado del Plan Marco de Transmilenio 2010.																										

<b>Estrategia</b>	<b>4 A. Infraestructura – Nuevas troncales de Transmilenio</b>																			
<b>Estrategia</b>	4 B. Infraestructura – Priorización al transporte público																			
<b>Descripción</b>	<p>Hacer el transporte público más atractivo que los otros modos, mientras se desincentiva el uso del vehículo privado trae varios beneficios. Dicha medida genera un beneficio ambiental derivado de la eficiencia relativa del transporte colectivo contra el transporte individual.</p> <p>La priorización del transporte público para el apoyo y mejora de operacional del sistema en corredores cuya demanda es considerable resulta importante. En esta línea, la segregación del transporte público conduce a un incremento en la velocidad media en las vías, en otras palabras mejora el flujo vehicular, teniendo esto un impacto en la disminución de frenadas y arranques, y por consiguiente una disminución de la congestión y de las emisiones. Esta mejora en el flujo vehicular a su vez genera ahorros en tiempos de viajes.</p>																			
<b>Costos / Evaluación financiera</b>	<p>Tomando como referencia el rango de costos<sup>6</sup> de demarcación en las vías, se determinaron los costos aproximados de la segregación de algunos corredores en la ciudad:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Corredor de PuT</th> <th>Longitud [km]</th> <th>Costo total [COP]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Av. Ciudad de Cali</td> <td>15</td> <td>\$ 37.500.000 - 1.215.000.000</td> </tr> <tr> <td>Carrera 7 (Calle 100-170)</td> <td>4,7</td> <td>\$ 11.750.000 - 380.700.000</td> </tr> <tr> <td>Calle 170</td> <td>5,6</td> <td>\$ 14.000.000 - 453.600.000</td> </tr> <tr> <td>Calle 100</td> <td>3,5</td> <td>\$ 8.750.000 - 283.500.000</td> </tr> <tr> <td>Calle 72</td> <td>4,2</td> <td>\$ 10.500.000 - 340.200.000</td> </tr> </tbody> </table>		Corredor de PuT	Longitud [km]	Costo total [COP]	Av. Ciudad de Cali	15	\$ 37.500.000 - 1.215.000.000	Carrera 7 (Calle 100-170)	4,7	\$ 11.750.000 - 380.700.000	Calle 170	5,6	\$ 14.000.000 - 453.600.000	Calle 100	3,5	\$ 8.750.000 - 283.500.000	Calle 72	4,2	\$ 10.500.000 - 340.200.000
Corredor de PuT	Longitud [km]	Costo total [COP]																		
Av. Ciudad de Cali	15	\$ 37.500.000 - 1.215.000.000																		
Carrera 7 (Calle 100-170)	4,7	\$ 11.750.000 - 380.700.000																		
Calle 170	5,6	\$ 14.000.000 - 453.600.000																		
Calle 100	3,5	\$ 8.750.000 - 283.500.000																		
Calle 72	4,2	\$ 10.500.000 - 340.200.000																		
	<p><sup>6</sup> Rango de costos por metro lineal y por metro cuadrado de demarcación tomado del listado de precios de referencia del IDU, 2011.</p>																			



Estrategia	5. Optimización de rutas
<b>Descripción</b>	<p>El diseño de rutas de transporte público hace parte fundamental del proceso de planeación operacional del transporte (Ceder, 2001). Diversos autores coinciden en que se requiere de una serie de pasos estratégicos e iterativos para generar el mejor conjunto de rutas de transporte público logrando así, maximizar la eficiencia operacional del sistema en términos globales. (Guihaire, et al., 2008). En esta línea, el diseño planteado debe satisfacer las necesidades del sistema de transporte en la escala adecuada; algunas variables de salida del diseño de rutas definen específicamente el trazado de las rutas, algunas estrategias operacionales, las frecuencias de despacho de los servicios, la hora de inicio y fin de la operación, cronograma de vehículos y conductores, entre otros. (Ceder, et al., 1986). El diseño de rutas de transporte público debe contemplar un amplio espectro de soluciones que aprovechen la flexibilidad del sistema de rutas propuestas en el SITP y, en esta medida atender la demanda de manera localizada incorporando a la operación rutas directas y retornos operacionales a lo largo del recorrido. Todo lo anterior lleva a que continuamente se generen soluciones de reingeniería de los sistemas existentes.</p>

Estrategia	6. Medidas complementarias – uso eficiente del automóvil
<b>Descripción</b>	<p>Actualmente la ciudad cuenta con una restricción fuerte al uso del automóvil; a pesar de esta medida, se ha generado un estímulo adicional para la adquisición y uso de vehículos privados, que genera el mismo impacto en términos de congestión y contaminación. Una alternativa a la restricción es el desarrollo de instrumentos económicos como los peajes de congestión y las políticas de estacionamiento.</p> <p>Estas iniciativas parten de la necesidad de que los usuarios del automóvil paguen por los impactos negativos (externalidades) que generan a la sociedad. Estos impactos tienen que ver con pérdidas de tiempo, mayor contaminación del aire y auditiva y desvalorización urbana, entre otros.</p> <p>De otro lado, la implantación de cobros adicionales genera una disminución en el uso del automóvil y es una herramienta eficaz para limitarlo en ciertas zonas y horas críticas. Su adecuado desarrollo, en algunos casos, puede depender del uso de tecnologías inteligentes de transporte.</p> <p>En lo relacionado con el estacionamiento, una estructuración del esquema tarifario como instrumento para generar un uso</p>

Estrategia	6. Medidas complementarias – uso eficiente del automóvil
	<p>eficiente del automóvil puede producir resultados importantes y que pueden ser evaluados a través de modelos de transporte más avanzados. Eventualmente, el aumento de la sobretasa a la gasolina también podría tener un impacto sobre un menor uso del automóvil. Políticas sobre el esquema tarifario de los diferentes combustibles pueden así mismo generar estímulos.</p> <p>Finalmente, la vinculación de las empresas e instituciones públicas y privadas de Bogotá en promover un transporte más sostenible por parte de sus empleados, promoviendo teletrabajo, uso compartido del automóvil y mayor uso de la bicicleta también podrán contribuir a una mejor distribución modal.</p>

Estrategia	6. Medidas complementarias – Integración con otros modos de transporte
<b>Descripción</b>	<p>Los andenes y ciclo-rutas son los que permiten un acceso adecuado al transporte público. La inclusión de esta infraestructura ha sido vital para que Transmilenio opere adecuadamente. El concepto central es que en muchas ocasiones los bogotanos requieren de un transporte multimodal, donde en lo posible el transporte público debe ser el modo principal para los viajes motorizados, realizando un gran énfasis en el apoyo de los modos no motorizados. En ese sentido, los esfuerzos por tener una mejor integración entre el SITP y el uso de la bicicleta son importantes. La posibilidad de tener una bicicleta al inicio y final del recorrido mejorará la accesibilidad y probablemente los tiempos de viaje. Proyectos de bicicletas públicas y un aumento en la oferta de ciclo-parqueaderos en las estaciones de Transmilenio pueden contribuir al uso de la bicicleta como modo intermedio.</p> <p>De otra parte, el SITP plantea la construcción de terminales barriales y de paraderos. Se requiere revisar la conexión peatonal de vastas zonas de empleo y residencia con estos puntos.</p> <p>Adicionalmente, tal como lo había planteado el PMM, el proyecto de construir estaciones multimodales en puntos estratégicos de la ciudad puede contribuir a promover el uso del automóvil como modo intermedio.</p>

## CAPÍTULO 2 – EVALUACIÓN FINANCIERA - ESTRATEGIA DE TECNOLOGÍAS

Acorde con los resultados plasmados en el Informe 3, la implementación de mejores tecnologías es la estrategia que representa un mayor impacto en la reducción de emisiones para PM y CO<sub>2</sub>, por ende desarrollaremos un análisis detallado de las condiciones financieras para la implementación de las diferentes tecnologías evaluadas (buses a gas, híbridos o eléctricos).

### Supuestos:

- Indicadores financieros de base:

Estos determinan el costo de la energía para el año estudiado (2008) y la tasa de cambio para el mismo:

<b>COP/Gal Diesel</b>	\$ 6.285,37
<b>COP/m<sup>3</sup> GNC</b>	\$ 1.264,92
<b>COP/KWh</b>	\$ 201,004
<b>COP/USD</b>	\$ 1.966,26

\* Tomados como los indicadores promedio para el año de referencia (2008) de SIPG, SIEL y BRC

- Costo de los vehículos:

Se toman de la literatura para comparar las inversiones que estos significan en la vida útil del proyecto:

<b>Tecnología</b>	<b>Costo (USD/Vehículo)</b>
<b>Diesel</b>	\$ 90.000
<b>GNC</b>	\$ 120.000
<b>HEB</b>	\$ 400.000
<b>BEB</b>	\$ 800.000

\* Tomados de Diesel: EMBARQ (2009); GNC: Foro innovación financiera Perú (2008); Virgüez y Behrentz (2010); THIAx (2005); HEB: MinAmbiente, CCI (2011); BEB: BIRD Antioquia (2011); CIDET, CODENSA (2011); Tzenga, G., Lina C., Opricovic S. (2005); Findlay, P. (2011)

La vida útil de los vehículos es de 10 años (la literatura reporta 12) menos para los buses de baterías que es de 18 por lo que se agrega un valor de salvamento para estos en el año 10.

- Costo de infraestructura:

Comprende la infraestructura necesaria para soportar cada tecnología teniendo en cuenta las diferentes características de las tecnologías y sus energéticos:

<b>Infraestructura</b>	<b>Costos (USD/und)</b>	<b>Cantidad (und)</b>
<b>Estaciones de repostaje GNC</b>	\$ 2.400.000	26
<b>Estaciones de reacondicionamiento HEB</b>	\$ 70.000	26
<b>Estaciones de carga BEB</b>	\$ 50.000	144

\* Tomados de GNC: Kim, Shin y Coi (2000); Chandler, Eberts y Melendez (2006); Johnson (2010); HEB: Barnitt, Chandler (2006); BEB: BYD/TM

Adicional a los costos en la infraestructura específica de cada tecnología, se agregan unos costos adicionales teniendo en cuenta el espacio adicional que se requeriría, teniendo en cuenta un espacio de 10 – 20 m<sup>2</sup> a un costo de aproximadamente \$ 1.400.000/m<sup>2</sup> (SDP, 2011)

- Costo de mantenimiento:

<b>Tecnología</b>	<b>Costo Mantenimiento (COP/Km )</b>	<b>Diferencia (%)</b>
<b>Diesel</b>	\$ 680	-
<b>GNC</b>	\$ 476	70%
<b>HEB</b>	\$ 884	130%
<b>BEB</b>	\$ 612	90%

\* Tomados de Diesel: Garzón, M. (2011); GNC: Tzeng, Lin y Opricovic (2005); Virgüez y Behrentz (2010); HEB: Chandler, Walkowicz y Eudy (2002), Barnitt (2008)

En todos los casos, se obtiene un factor de proporcionalidad entre el costo de mantenimiento de un bus Diesel en el estudio y uno de tracción alternativa y se aplica a la cifra inicial de bus Diesel. O se aplica el porcentaje de reducción reportado por los autores.

Para el caso de los vehículos Híbridos y de baterías, debe hacerse un reemplazo de las baterías al sexto año con un costo aproximado de 20.000 USD/vehículo para los primeros y de 120.000 USD/vehículo (Findlay, 2011).

- Consumo energético:

<b>Tecnología</b>	<b>F. Consumo</b>	<b>Und.</b>
<b>Diesel</b>	9,60	Km/gal
<b>GNC</b>	2,15	Km/m <sup>3</sup>
<b>HEB</b>	16,85	Km/gal
<b>BEB</b>	1,80	KWh/Km

\* Tomados de Diesel: TM (2011); GNC: Kim, Shin y Coi (2000); Virgüez y Behrentz (2010); HEB: MinAmbiente; BEB: Sinhuber P., Rohlf W., Sauer D. (2010)

En el caso de los vehículos híbridos, se usa el porcentaje de ahorro reportado por los autores (35%) y se aplica al factor de consumo base del vehículo Diesel EURO IV. Debe tenerse en cuenta que un bus Diesel EURO IV consume alrededor de 30% menos combustible que un bus EURO II (MinAmbiente).

- Costos de Capacitación:

Tanto para la operación como el mantenimiento de los vehículos, es necesario realizar una capacitación a las personas encargadas de estas áreas. Para esto, se asume una capacitación inicial de 145 horas y un refuerzo anual de 85 horas. Cada hora de capacitación tiene un costo de \$3.500 para la capacitación inicial y \$4.000 para los refuerzos anuales (SENA, 2011). Se asume que son necesarios 2,5 conductores por bus y cada mecánico sirve un promedio de 6 buses.

- Indicadores de Transporte:

<b>Flota (buses)</b>	2.172
<b>F. Actividad (km/año)</b>	66.800

\*El número de vehículos, como se explicó anteriormente, se toma como la fracción de la flota que en 2018 no ha sido renovada a EURO IV y el factor de actividad, tomado de los pliegos de licitación del SITP

- Factores de emisión para cada tecnología:

Para obtener los beneficios que trae cada tecnología en términos de emisiones, se usan los siguientes factores de emisión con el fin de hacer el inventario de emisiones de la flota estudiada:

<b>Contaminante</b>	<b>Factor de emisión (g/Km)</b>			
	<b>Diesel</b>	<b>GNC</b>	<b>HEB</b>	<b>BEB</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	787,03	606,00	504	0,00
<b>PM</b>	1,21	0.0172 (0.0148 - 0.0196)	0.0129 (0.0111 - 0.0147)	0,00

\* Tomados de Diesel: PDDAB (2011); GNC: Calculado a partir de información de NREL; BEB

En las emisiones, solamente se incluyen aquellas producidas en la operación del vehículo y no las producidas por la generación, almacenamiento, transporte y distribución de cada energético.

- Otros supuestos:

La autonomía no se tiene en cuenta, proponiendo que los obstáculos en cuanto a este aspecto, se superen a través de la programación de rutas, turnos y frecuencias, restricción de operación en rutas y/u horarios específicos y esquemas inteligentes de operación, programación y asignación de buses.

Los costos financieros no se incluyen en el estudio.

Se tiene en cuenta un costo de mantenimiento de infraestructura anual igual al 2% del valor inicial de la misma.

Se asume que la infraestructura matriz de distribución de Gas Natural, está disponible para el emplazamiento de las estaciones de repostaje de este combustible.

### 2.1 Cálculo de Costos para la ciudad:

Una vez aplicados obtenidos los flujos de caja para el proyecto en los 10 años teniendo en cuenta los supuestos mencionados anteriormente y usando una tasa de descuento de 12% anual, se obtienen los resultados de la evaluación financiera:

<b>Tecnología</b>	<b>VPN 12% @10 años (MCOP)</b>	<b>VPN 12% @10 años (MUSD)</b>
GNC	(\$ 12.380) - (\$ 73.350)	(\$ 6,3) - (\$ 37,3)
HEB	(\$ 678.400) - (\$ 1.216.350)	(\$ 345,0) - (\$ 618,6)
BEB	(\$ 2.024.880) - (2.791.920)	(\$ 1.029,8) - (\$ 1.419,9)

El resultado de todas las evaluaciones incrementales (solo se tienen en cuenta los gastos adicionales a la tecnología de base Diesel) es negativo. Esto es el resultado de las cuantiosas inversiones iniciales que se requieren en estas tecnologías y, en algunos casos, el impacto del mantenimiento y otros costos recurrentes en los flujos de caja. Más adelante se presenta el comportamiento de los mismos con respecto a las variables evaluadas.

## 2.2 Beneficio

### Ahorro en consumo energético

El consumo de combustibles y otros energéticos está incluido como parte de la evaluación financiera presentada porque representan costos en cada una de las alternativas propuestas. Sin embargo, es importante hacer la precisión en reducción de consumo energético para cada una de las alternativas.

	<b>Consumo</b>	<b>Diferencia</b>	
	<b>10<sup>15</sup> J/año</b>	<b>10<sup>15</sup> J/año</b>	<b>%</b>
<b>Diesel</b>	2,21	-	-
<b>GNC</b>	2,58	0,38	117%
<b>HEB</b>	1,26	-0,95	57%
<b>BEB</b>	0,94	-1,27	43%

La alternativa de Gas Natural, muestra un mayor consumo equivalente debido a la menor densidad energética del combustible y su rendimiento, aspectos que se han discutido previamente en la descripción de tecnologías.

En el caso de los híbridos y los vehículos eléctricos, se logra una reducción de alrededor de la mitad en el consumo energético equivalente. Este es tradicionalmente uno de los costos más altos en la operación de sistemas y el principal ahorro en costos que traen estas tecnologías.

### Ahorro en emisiones

Teniendo en cuenta los factores de emisión reportados previamente, se calcula la reducción de emisiones con respecto a la tecnología base (Diesel) a lo largo de la vida útil de los vehículos (10 años).

<b>Contaminante (Ton)</b>	<b>GNC</b>	<b>HEB</b>	<b>BEB</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	225.572,2	366.809,7	1.062.132,6
<b>PM</b>	998,90	991,97	1.001,19

## 2.3 Análisis financiero para cada tecnología:

Teniendo en cuenta los costos y los ahorros financieros de las alternativas (VPN) y los beneficios en emisiones que cada una de ellas trae, se calcula el costo aproximado que tendría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y PM en una tonelada para cada caso.

<b>COP/Ton</b>	<b>GNC</b>	<b>HEB</b>	<b>BEB</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	\$ 54.880 - 325.150	\$ 1.849.500 - 3.316.020	\$ 1.906.430 - 2.628.600
<b>PM</b>	\$ 12.518.310 - 74.167.020	\$ 683.906.730 - 1.226.195.380	\$ 2.022.462.510 - 2.788.588.540

USD/Ton	GNC	HEB	BEB
CO <sub>2</sub>	\$ 27,91 - 165,36	\$ 940,62 - 1.686,46	\$ 969,57 - 1.336,85
PM	\$ 6.366,56 - 37.719,84	\$ 347.821,10 - 623.618,13	\$ 1.028.583,46 - 1.418.219,63

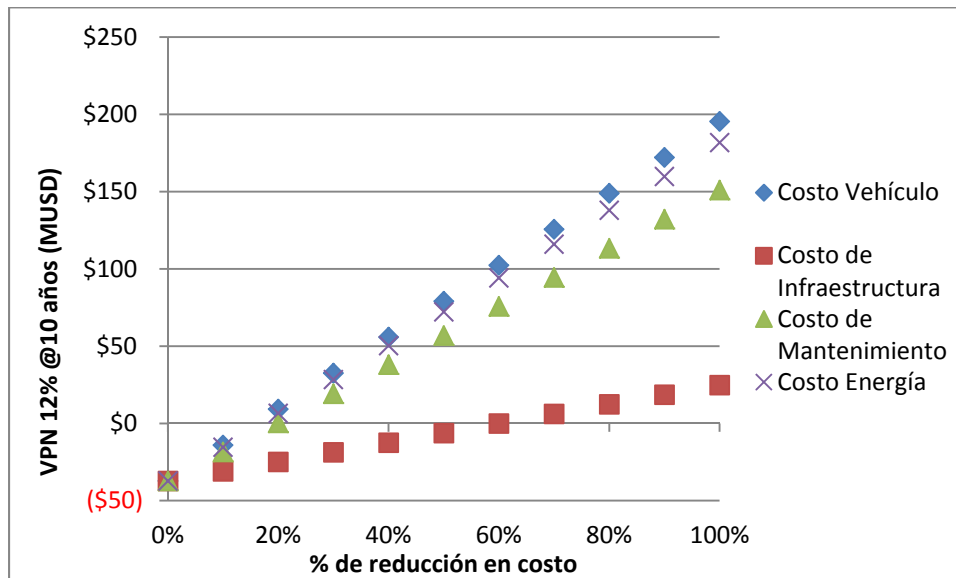
#### 2.4. Desafíos

##### Análisis de sensibilidad a los costos:

Una vez hecha la evaluación financiera, se procedió a evaluar el impacto que tiene una reducción en cada uno de los costos (de los vehículos, de la infraestructura, del mantenimiento y de la energía) en el resultado de la misma para cada tecnología. De esta manera, puede verse para qué costos debe priorizarse la reducción usando diferentes estrategias de legislación, incentivos, impuestos, financiación, fondos de inversión, entre otros.

- **GNC**

Para la alternativa que considera vehículos de gas natural, la Figura 1 muestra la sensibilidad de la evaluación financiera a los costos que se mencionaron. En este caso, puede verse que esta alternativa es más sensible a los costos del vehículo, la energía y el mantenimiento. Reduciendo estos en 34%, 36% ó 41% respectivamente, se logra que la evaluación financiera resulte positiva. Evidentemente, las combinaciones de reducción de más de uno de estos costos redundan en una mayor probabilidad para ser implementados.

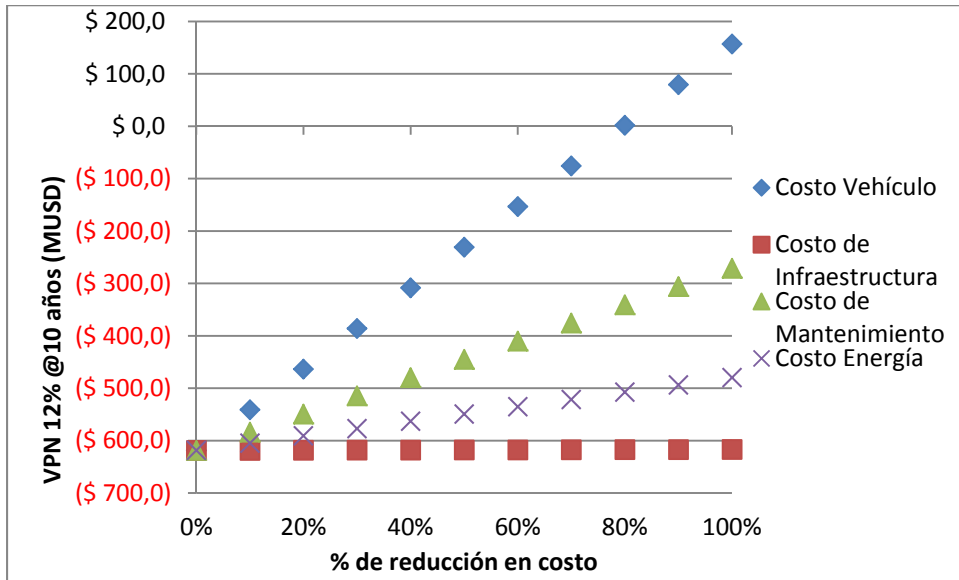


**Figura 1.** Impacto de la reducción en costos en la evaluación económica de la alternativa de vehículos dedicados a Gas Natural.



- **HEB**

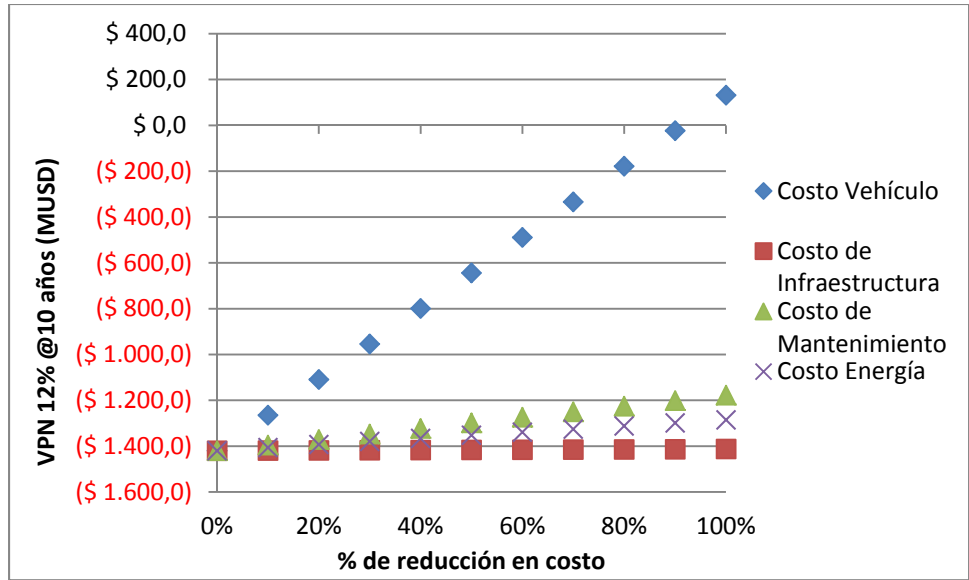
Para el caso de los vehículos híbridos, puede verse el fuerte impacto que tiene el costo de adquisición de los vehículos en la evaluación financiera sobre los demás costos. Este costo debería reducirse en alrededor de 61% para superar el obstáculo financiero de esta tecnología. Los costos de mantenimiento y energía pueden reducirse para lograr mejores resultados aunque, como se muestra en la Figura 2, no tendrían un impacto muy marcado en la evaluación financiera con respecto al costo del vehículo.



**Figura 2.** Impacto de la reducción en costos en la evaluación económica de la alternativa de vehículos híbridos.

- **BEB**

Para los vehículos eléctricos de baterías, puede verse una fuerte dependencia tanto del costo inicial de los vehículos como del mantenimiento de los mismos requiriéndose una reducción importante en ambos aspectos e incluso en el costo de la energía y de la infraestructura para lograr resultados positivos (Figura 3). Por ejemplo, reduciendo el costo de adquisición de los vehículos en 69%, el costo del mantenimiento en 50% y el costo de la energía en 16%.

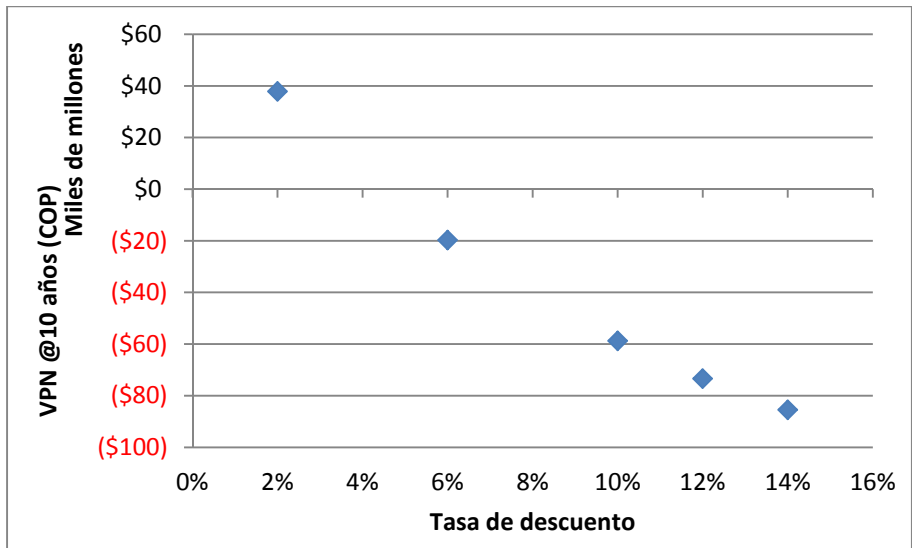


**Figura 3.** Impacto de la reducción en costos en la evaluación económica de la alternativa de vehículos eléctricos de baterías.

**Análisis de sensibilidad a la tasa de descuento**

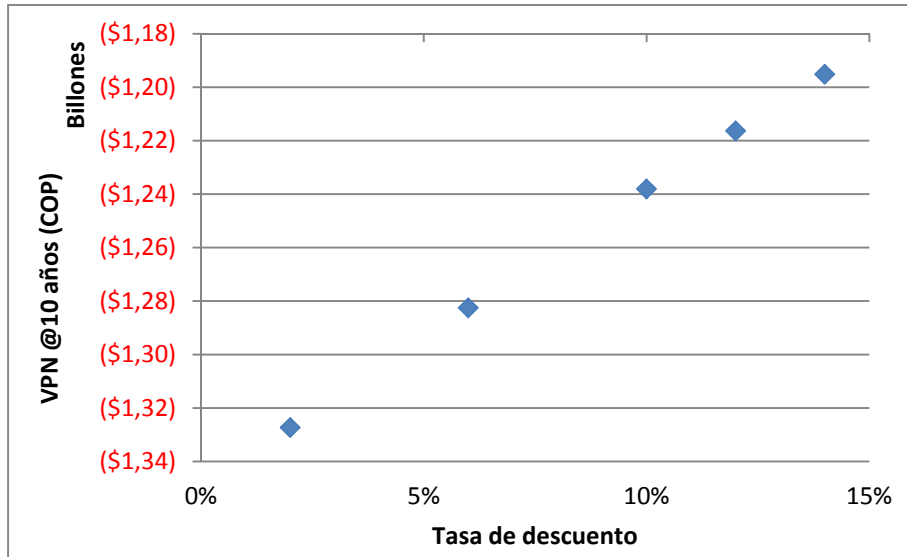
De forma similar a los costos, se evalúa el impacto que tiene la tasa de descuento seleccionada en la evaluación financiera para cada caso, ver Figuras 4 a la 6.

- GNC



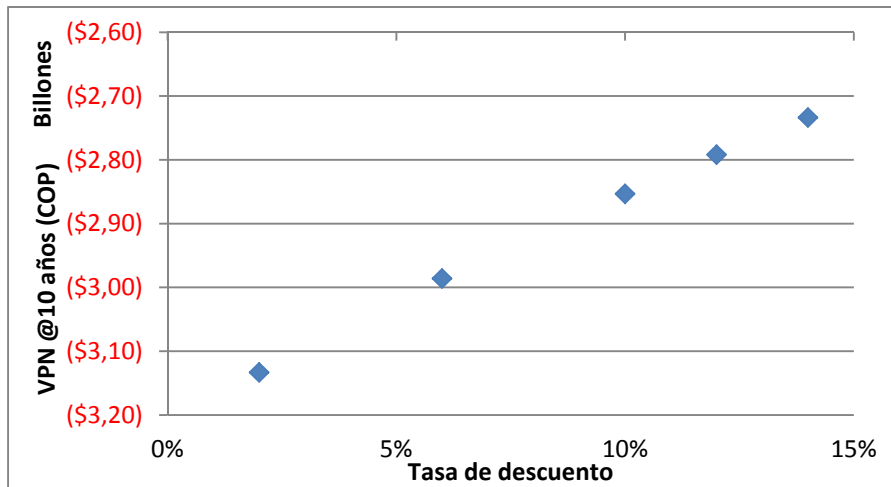
**Figura 4.** Impacto de la tasa de descuento en la evaluación económica de la alternativa de vehículos dedicados a Gas Natural.

- HEB



**Figura 5.** Impacto de la tasa de descuento en la evaluación económica de la alternativa de vehículos Híbridos.

- BEB



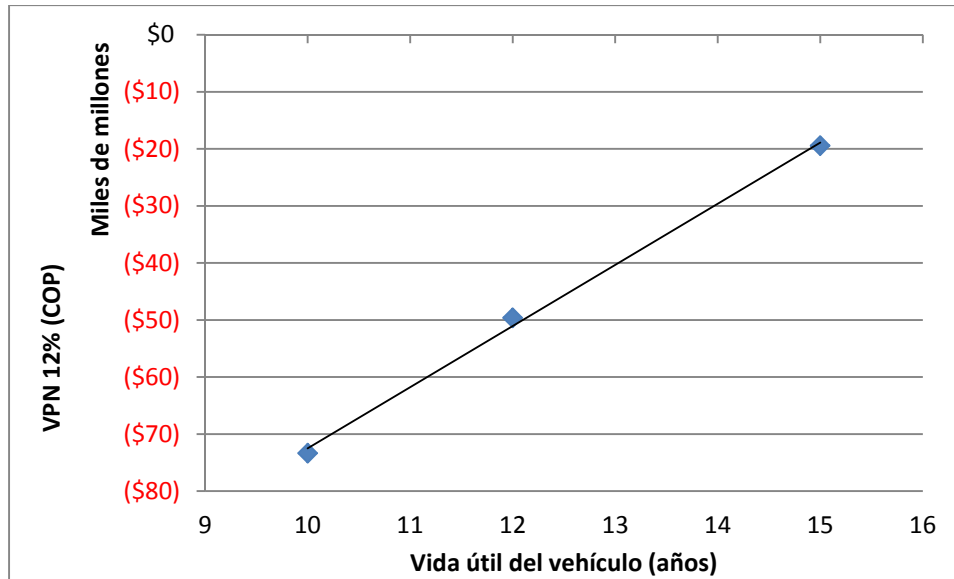
**Figura 6.** Impacto de la tasa de descuento en la evaluación económica de la alternativa de vehículos eléctricos de Baterías.

### Análisis de sensibilidad a la vida útil de los vehículos

Un factor adicional que se ha tenido en cuenta en el análisis es la posibilidad de alargar la vida útil de los vehículos hasta el máximo reportado por la literatura (15 años para Híbridos y de Gas Natural y 18 años para los vehículos de baterías) de tal forma que se amortice la inversión en un período de tiempo más largo y de esa manera las evaluaciones económicas tengan mejores

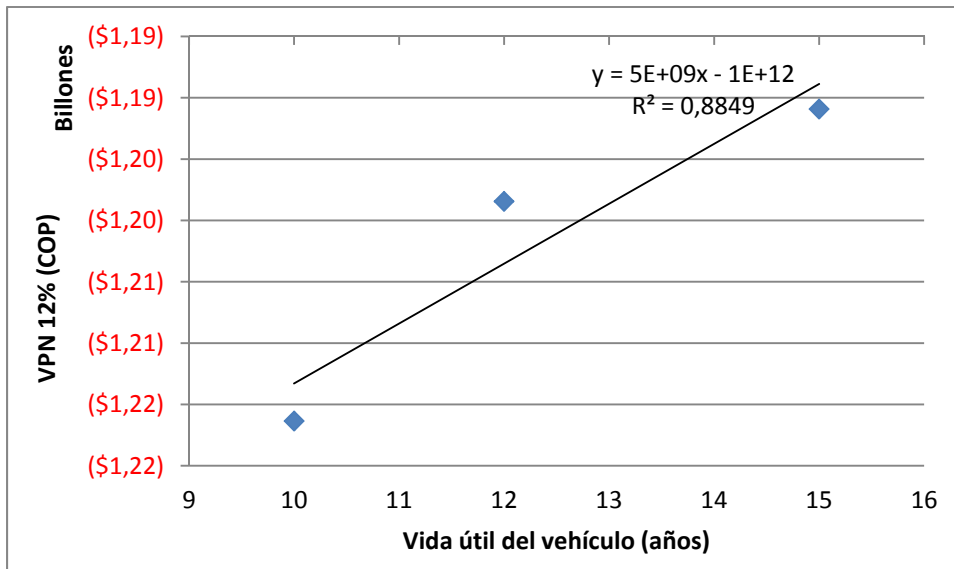
resultados. De esta manera, un incentivo para los operadores que implementen este tipo de flotas de tecnología alternativa tengan la posibilidad de operar por más tiempo usando los mismos vehículos hasta agotar sus vidas útiles, teniendo en cuenta los beneficios que estas traen, ver Figuras 7 a la 9.

- **GNC**



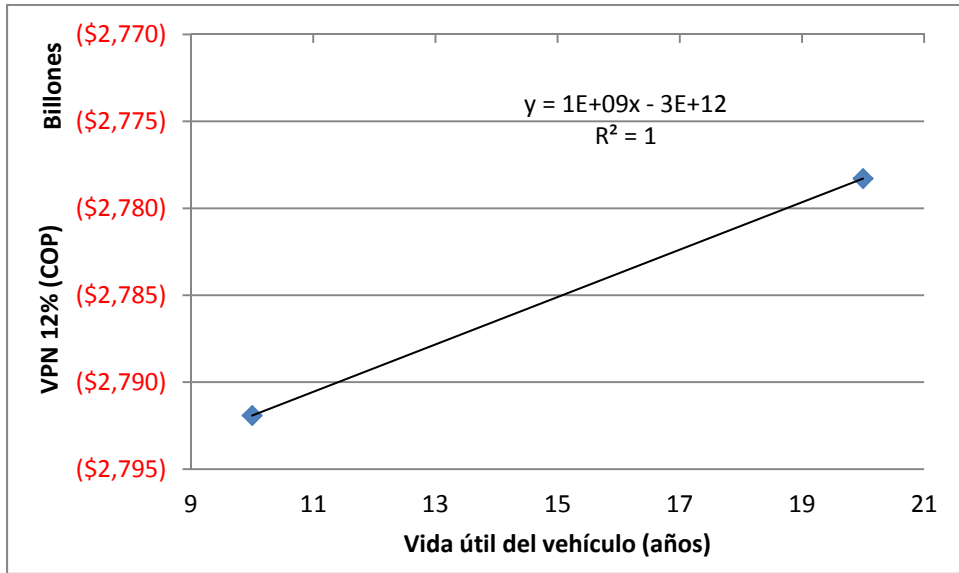
**Figura 7.** Impacto de la vida útil del vehículo en la evaluación económica de la alternativa de vehículos dedicados a Gas Natural.

- **HEB**



**Figura 8.** Impacto de la vida útil del vehículo en la evaluación económica de la alternativa de vehículos Híbridos.

- **BEB**



**Figura 9.** Impacto de la vida útil del vehículo en la evaluación económica de la alternativa de vehículos eléctricos de Baterías.

## CAPÍTULO 3 – ASPECTOS CONTRACTUALES

### 3.1 Aspectos contractuales del sistema integrado en las estrategias propuestas

#### 3.1.1. Renovación de flota

Dentro de las obligaciones contractuales de los operadores zonales se establece la adquisición de vehículos de transporte público para su chatarrización. De acuerdo a la cláusula 12, para la etapa pre operativa, se establece el cronograma de desintegración de flota usada, que no está disponible para la operación y que tampoco hace parte de la flota de reserva. La totalidad de la flota debe ser desintegrada a más tardar al final de la etapa de implementación total del sistema; se prevé la salida de más de 5000 buses viejos.

De otro lado, el sistema integrado establece que la edad máxima de la flota es de 12 años; por tanto la adquisición de flota nueva debe realizarse en los términos que el operador considere ya sea por el cumplimiento de la vida útil de la flota, remplazo de vehículos o por la necesidad de nuevas unidades para la prestación del servicio. La decisión de renovar la flota operadora cuando esta no ha cumplido su vida útil será discrecional del operador y dependerá del equilibrio económico de su negocio. Así mismo la vinculación de nuevas unidades a la operación debe cumplir con todos los requisitos de vinculación de vehículos (Cláusula 77,78 y 80).

En resumen, los contratos de concesión no especifican un cronograma puntual que define los periodos de renovación de flota para el sistema o para las zonas, en condiciones diferentes a las del cumplimiento de su vida útil que se estima no debe ser superior a 12 años siempre y cuando el vehículo vinculado a la operación cumpla con los requisitos de vinculación, revisión y mantenimiento especificados en los contratos. Finalmente, cabe resaltar que es obligación del concesionario operar los vehículos nuevos vinculados a su flota a partir del año 2010, con combustibles limpios de acuerdo a lo determinado por la autoridad ambiental (Cláusula 17.2.3).

De otro lado, de acuerdo a la matriz de riesgos asociados a la contratos de concesión para la operación del sistema, se define que en términos regulatorios puede incrementarse los costos por el cambio en la regulación ambiental; sin embargo, se estima que la probabilidad de ocurrencia es baja y su impacto, en caso tal que llegara a suceder, es medio.

#### 3.1.2. Nuevas tecnologías

Los vehículos vinculados a la operación pueden ser nuevos o usados siempre que aprueben y obtengan el certificado de vinculación expedido por Transmilenio. Para la obtención de este certificado es indispensable certificar, tener y mantener un desempeño ambiental que cumpla la normatividad vigente con las tecnologías, combustibles limpios y

mecanismos de control de emisiones; pudiendo incorporar a la operación vehículos con tecnologías que operen con un suministro energético diferente al diesel. (Manual de operaciones, *Vehículos vinculados al sistema integrado de transporte*)

Así mismo, es responsabilidad del operador incorporar la infraestructura necesaria para garantizar el suministro energético requerido así como la autonomía de operación de los vehículos, asegurando la prestación del servicio ininterrumpidamente durante todo el día y la recarga en poco tiempo del recurso energético con el que operan los vehículos.

### **3.1.3. Conducción verde**

De acuerdo los pliegos de condiciones (cláusula 109) Transmilenio S.A. se encarga de aprobar el procedimiento para la expedición por parte del concesionario de las tarjetas de conducción del SITP a los conductores que hubiesen aprobado satisfactoriamente los cursos de conocimiento y capacitación, y que cumplan con las condiciones físicas y psicológicas requeridas

De acuerdo al manual de operaciones, el programa de capacitación lo deberán tomar todos los conductores al momento de su vinculación a la operación; adicional a éste, existe un programa de actualización de conductores. Estos programas se consideran para vehículos biarticulados, articulados y convencionales. Dentro del programa, ambos cursos cuentan con un Módulo de *conducción para la reducción de emisiones contaminantes* en el que se busca “desarrollar en el conductor hábitos para operar los vehículos en forma eficiente, segura y cómoda, con el fin de reducir las emisiones y lograr un desempeño ambiental adecuado y económico del mismo”. La duración del módulo es de 8 horas para conductores nuevos y 6 para el curso de actualización. (Módulos 8 y 7 respectivamente)

De otro lado, los instructores de los cursos de capacitación deben estar calificados para dictar los cursos demostrando certificaciones de su formación como capacitadores de las empresas fabricantes (vehículos, unidades lógicas y equipos de comunicación de voz); adicional a esto, debe contar con licencia de instructor de Técnicas de Conducción.

### **3.1.4. Sistema de Gestión Ambiental**

Acorde con las minutas de contratos de concesión en el Capítulo 5, Cláusula 27, se exige al concesionario el cumplimiento de la normatividad ambiental nacional y distrital vigente y la generación de un Plan de Gestión Ambiental y un Plan de Autorregulación, que buscan garantizar la optimización en el consumo de combustible y de minimizar los efectos ambientales de la operación del SITP.

### 3.1.5. Infraestructura

#### ***Entrada de nuevas fases de TransMilenio o nuevos sistemas de transporte (v.g. Metro y Tren de cercanías)***

En los contratos de operación del SITP en la cláusula 84, se contempla la eventual entrada en operación de nuevas troncales y sistemas de transporte. Es obligación del operador, si Transmilenio así se lo solicita, vincular flota para la operación de las nuevas troncales. Sin embargo, es potestad de Transmilenio definir si la vinculación y operación de los nuevos servicios se realice por concesionarios zonales del SITP o por cualquier operador del sistema o por nuevos operadores.

En cuanto a la salida de los vehículos por la entrada de nuevas troncales, el operador tendrá diferentes alternativas para la desvinculación de los vehículos garantizando el restablecimiento de la ecuación contractual como se enuncia en la cláusula 119. Las alternativas son:

1. La flota que se retire de la operación debe ser aquella en cuyo momento tenga menor vida útil y/o mayor deterioro.
2. Reasignación al interior de la zona de operación.
3. Reasignación en otras zonas de operación.
4. Venta de la flota a terceros o utilizarla en otras actividades diferentes a la del servicio de transporte público de pasajeros

En caso de certificar no tener la posibilidad las acciones 2 y 3 anteriores se utilizarán fórmulas para el cálculo del valor de salvamento de los vehículos tanto para la operación troncal y no troncal.

#### **Priorización y segregación**

Los operadores están en la obligación de utilizar la infraestructura que Transmilenio estipule en el momento que así le sea indicado. Si se implementan paraderos, o cualquier tipo de infraestructura equivalente el operador debe utilizarlos, bajo las condiciones que se definan teniendo en cuenta las reglas de operación de la flota para el tipo de infraestructura. Estos factores son determinantes en el mejoramiento del ciclo de conducción así como para maximizar la eficiencia operacional del transporte público para Bogotá.

### 3.1.6. Optimización de rutas

En el marco del sistema integrado y de acuerdo a la cláusula 83, el posible aumentar o disminuir el número de unidades asignada a las rutas y estará sujeto a las necesidades del servicio. En todo caso, las modificaciones a las rutas, tipología vehicular y número de unidades deben estar sustentados por estudios técnicos que justifiquen los cambios requeridos. Transmilenio podrá solicitar al ccesionario modificar el tamaño de la flota si



así lo considera necesario, del mismo modo el concesionario podrá realizar esta misma solicitud a Transmilenio teniendo en cuenta que para aplicar estas modificaciones debe contar con la autorización del ente gestor y estar de acuerdo, si es el caso, con el otro operador de la ruta.

Para el caso en que se implementen nuevas rutas, el concesionario debe presentar a Transmilenio la flota que incorporará cumpliendo con los requisitos de vinculación de flota requeridos para la operación, en este caso el certificado de pedido de las unidades al proveedor. De no presentar la documentación, Transmilenio podrá solicitar a otro concesionario asumir la operación de la ruta, sin perjuicio alguno y siempre garantizando la adecuada prestación del servicio.

### **3.1.7. Medidas Complementarias**

En términos contractuales el sistema integrado deja ver la importancia del SITP como eje estructurador del transporte público en Bogotá. Así mismo, se establecen los estándares de prestación de servicio y las normas de operación del sistema; todo esto con el objetivo de que el transporte público sea una alternativa de movilidad fiable y segura para los bogotanos. Incentivando con este, el uso eficiente del automóvil y la multimodalidad del sistema.

### **3.1.8. Oferta económica**

De acuerdo a la Cláusula 16 de los contratos de concesión, el concesionario tiene el derecho a la explotación económica de la actividad de transporte urbano masivo, en el marco del SITP de forma preferencial y no exclusiva. En esta línea, en términos económicos obtendrá beneficios económicos derivados de la prestación del servicio de acuerdo a tarifas de remuneración para la operación zonal que se pagará en función del tipo de vehículo vinculado, los kilómetros recorridos y el número de pasajeros que hayan validado en el vehículo. Similar a esto, la remuneración troncal estará dada por el tipo de vehículo y el número de kilómetros operados. En ambos casos las tarifas asociadas a la remuneración por kilómetro recorrido y por vehículos será revisado en el cuarto año de operación, momento a partir del cual se diferenciará por tipología de vehículo, revisión aplicable y tipo de combustible o fuente de energía empleada. (Cláusula 64. Valor de los derechos de participación del concesionario).

### **3.2 Implicaciones contractuales de las estrategias**

A continuación se enumerarán los principales aspectos que deben ser considerados contractualmente o que tiene una implicación contractual al implementar una de las diferentes estrategias propuestas en el proyecto IES con el objeto de mejorar el SITP.

#### **Nuevas Tecnologías**

- Apoyo para la implementación de infraestructura de apoyo a la operación.
- Facilidades de importación y vinculación de vehículos.
- Capacitación especializada.
- Regulación para la operación y mantenimiento de los vehículos.

#### **Cronograma acelerado de renovación**

- Eventual modificación de la tarifa de remuneración por edad promedio de la flota, tipo de tecnología.

#### **Incremento de las exigencias en conducción verde**

- Capacitación a capacitadores e instructores, fortalecimiento de las temáticas de la capacitación y estructuración guiada (a través de la gerencia del SITP) de los indicadores de conducción y seguimiento de éstos DENTRO del Plan de Gestión de Ambiental.
- Participación en sistemas de certificación ambiental.

#### **Transmilenio Fase IV**

- Estrategias e integración institucional.
- Gestión de tráfico.
- Incorporación de planes estratégicos, integración de la experiencia de los operadores.

## CAPÍTULO 4 – ORGANISMOS DE CONTROL Y REGULACIÓN

Las autoridades ambientales y de movilidad tanto nacionales como distritales son actores de suma importancia en la regulación del SITP. Estos entes de control tienen a su cargo la ejecución de políticas públicas que permitan garantizar que el funcionamiento del sistema al ser implementado permita garantizar un Sistema de Transporte asociado a:

- una movilidad sostenible,
- un modelo de transporte socialmente incluyente,
- un medio ambiente sano y
- una buena calidad de vida.

### 4.1 Control y Regulación Ambiental

La constitución de 1991 incorpora la dimensión ambiental como una condición necesaria para el desarrollo económico de mediano y largo plazo, y se establecen una serie de herramientas que permiten velar por el cumplimiento de las normas. Adicionalmente, las reglamentaciones y regulaciones posteriores han hecho posible que día a día se concrete aún más el marco conceptual y legal, lo cual permite que nuestro país avance en el marco del desarrollo sostenible.

En la constitución la protección ambiental se eleva a la categoría de derecho colectivo y le otorga mecanismos de cumplimiento por parte de los ciudadanos, tales como acciones populares o de grupo, acciones de tutela y de cumplimiento.

En el marco de la nueva constitución y de la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro en 1992, surge la Ley 99 de 1993, en la que se plasman los principios fundamentales actuales de la política ambiental colombiana. Además, surge el Sistema Nacional Ambiental (SINA), con lo cual se busca integrar y coordinar las acciones e instituciones relacionadas con el medio ambiente y los recursos naturales. El objetivo es dar a la gestión ambiental en Colombia una dimensión sistemática, descentralizada, participativa, multiétnica y pluricultural.

El SINA es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la Ley 99 de 1993. Está integrado por los siguientes componentes<sup>1</sup>:

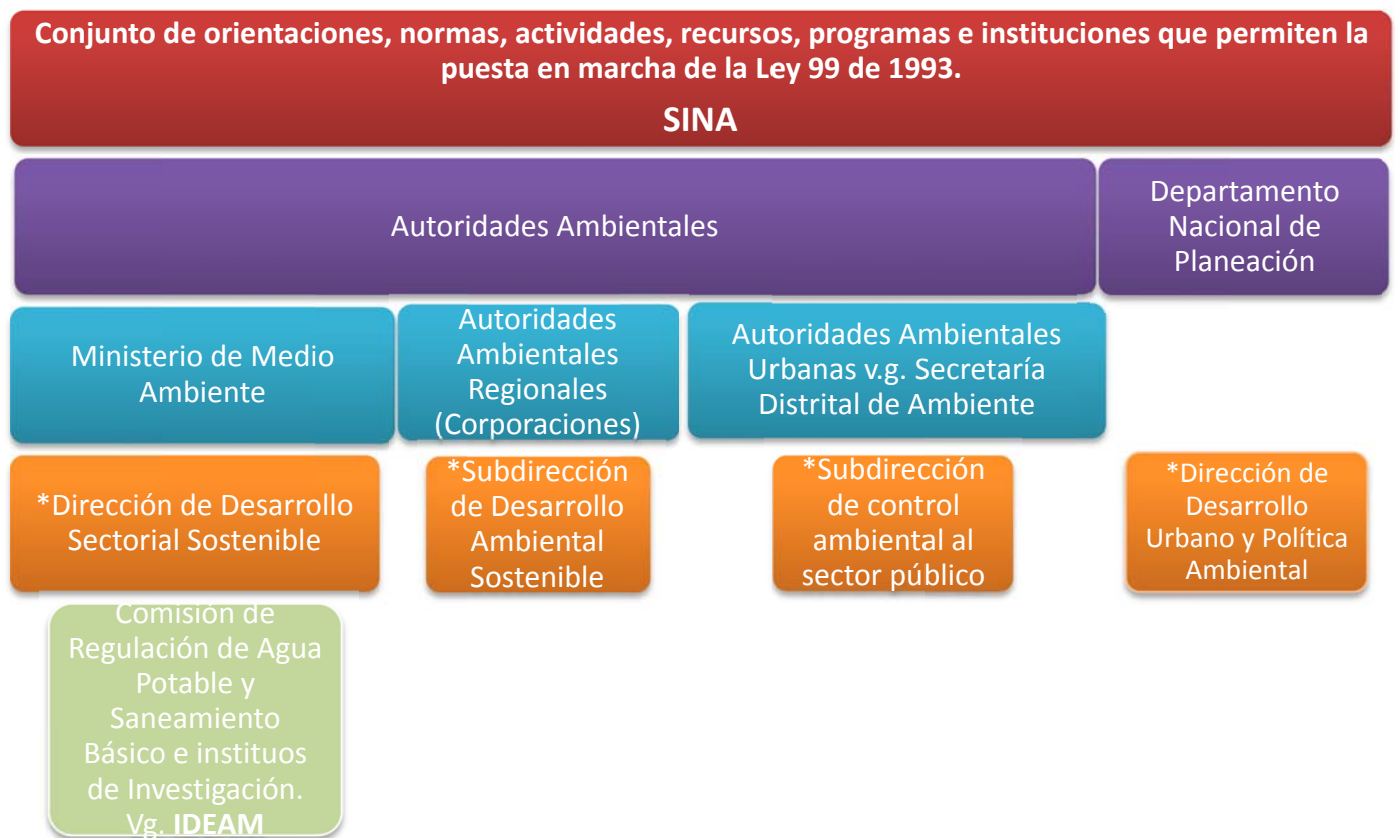
- Los principios y orientaciones generales contenidos en la Constitución Nacional, en la Ley 99 y en la normatividad ambiental que la desarrolle.

---

<sup>1</sup> Ley 99 de 1993, artículo 4.

- La normatividad específica actual que no se derogue por esta ley y la que se desarrolle en virtud de la ley.
- Las entidades del Estado responsables de la política y de la acción ambiental, señaladas en la ley.
- Las organizaciones comunitarias y no gubernamentales relacionadas con la problemática ambiental.
- Las fuentes y recursos económicos para el manejo y la recuperación del medio ambiente.
- Las entidades públicas, privadas o mixtas que realizan actividades de producción de información, investigación científica y desarrollo tecnológico en el campo ambiental.

Las principales entidades públicas que conforman el SINA y que están encargadas directamente de la gestión ambiental, se pueden observar en la Figura 10.



(\*) Se señalan las subdivisiones administrativas en cada organismo

**Figura 10.** Entidades que conforman el SINA

El Ministerio de Ambiente se constituye en en el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables. En tal medida es el encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y del medio ambiente de la Nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible, según es estipulado textualmente en el Artículo 2 de la Ley 99 de 1993.

Los objetivos primordiales del Ministerio según el Decreto 216 de 2003, son contribuir y promover el desarrollo sostenible a través de la formulación y adopción de las políticas, planes, programas, proyectos y regulación en materia ambiental, recursos naturales renovables, uso del suelo, ordenamiento territorial, agua potable y saneamiento básico y ambiental, desarrollo territorial y urbano, así como en materia habitacional integral.

Acorde con lo estipulado en las Minutas Contractuales de Concesión (Capítulo 5, Cláusula 27) Transmilenio S.A. exige que los concesionarios cumplan con la normatividad nacional y distrital vigente, la cual considera un marco legislativo sobresaliente, del cual enunciaremos la legislación de mayor relevancia que compete al SITP.

Dadas las Facultades conferidas por las Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 99 de 1993 Sistema Nacional Ambiental –SINA-, se puede dividir la legislación ambiental en cinco aspectos: agua, suelos, residuos y aire; bajo este contexto se realizará un pequeño compendio de la legislación vigente de mayor relevancia que deberá ser considerada dentro de la operación del SITP y los Planes de Gestión Ambiental que cada concesionario deberá desarrollarlo según cláusulas contractuales, ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Legislación Ambiental

Legislación	Observaciones
<p>Planes de ordenamiento territorial</p> <p>1998. Por medio de la cual se otorgan competencias en materia de manejo silviculturales en el espacio urbano de Santa Fe de Bogotá.</p>	<p>La legislación colombiana contempla 2 aspectos en la temática de suelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación</li> <li>• Usos</li> </ul> <p>Dentro del SITP las problemáticas de contaminación se encuentran indirectamente ligadas al adecuado manejo y disposición de vertimientos y residuos peligrosos (RESPEL).</p> <p>El tema de usos de suelo, es un tema que ha sido y es considerado dentro del planteamiento de las estrategias globales de transporte público en la ciudad y que han sido consideradas por las entidades Distritales.</p> <p>Sin embargo es relevante retomar estas temáticas dentro del planteamiento de estrategias asociadas a políticas de instauración de parqueaderos y otro tipo de estrategias complementarias al SITP, dado que el tema de usos de suelo y la evaluación de POT se encuentran indirectamente ligadas al establecimiento de políticas públicas adecuadas.</p>
<p>1984 del Ministerio de Salud. Respecto a Residuos Líquidos.</p>	<p>La legislación colombiana contempla 3 aspectos en el manejo de residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso y consumo</li> <li>• Aguas subterráneas</li> <li>• Vertimientos</li> </ul> <p>Siendo este último competencia directa de los concesionarios, pues debe contemplarse el manejo de aceites usados, los cuales no deben ser</p>

	Legislación	Observaciones
		<p>vertidos a los sistemas de acueducto y alcantarillado, dado que son considerados residuos peligrosos según la Ley 256 de 1993, de igual forma deben garantizar las condiciones de acondicionamiento de suelos en talleres y patios que eviten filtraciones de sustancias químicas al suelo y escurrimientos indebidos a sistemas de drenaje.</p> <p>Otro aspecto importante no contemplado dentro de legislación pero que deberá ser parte de los Planes de Gestión está asociado a las temáticas de regulación del uso del agua, estableciendo mecanismos para disminuir el consumo de esta y optimización del recurso durante el lavado de vehículos.</p>
Residuos	<p>Ley 142 de 1994. Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios.</p> <p>Ley 430 de 1998. Por el cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referente a desechos sólidos.</p> <p>Ley 142 de 1994. Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios.</p> <p>Ley 430 de 1998. Por el cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referente a desechos sólidos.</p> <p>Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente. Sobre la prevención y manejo de residuos peligrosos (RESPEL)</p> <p>Resolución 1402 de 2006 del Ministerio de Ambiente, por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 de</p>	<p>La legislación colombiana contempla 3 aspectos en el manejo de residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición</li> <li>• Aprovechamiento</li> <li>• Responsabilidad</li> </ul> <p>Aspectos que deberán considerarse dentro del Plan de Gestión Ambiental, sin embargo la efectividad en el manejo de RESPEL, a nivel ciudad depende de la implementación de un Sistema de Gestión de Residuos para la ciudad, mientras este no exista y pese a la legislación la efectividad en el manejo de residuos es baja, especialmente en lo asociado a la disposición y aprovechamiento.</p> <p>Es necesario impulsar plantas de tratamiento de residuos, y pensar en una estrategia macro a nivel ciudad, lo cual es perentorio en caso tal de implementar tecnologías que requieran usar baterías.</p> <p>Sin embargo es de resaltar el importante esfuerzo que ha realizado la</p>

	Legislación	Observaciones
	<p>2005.</p> <p>Resolución 1362 de 2007 del Ministerio de Ambiente. Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos.</p>	<p>Secretaría Distrital de Ambiente en el desarrollo de guías para el manejo y disposición de aceites usados y para el manejo de baterías usadas de plomo ácido, Esfuerzos como éste deben tener un apoyo relevante por parte de la academia con el fin de establecer parámetros en las buenas prácticas ambientales.</p> <p>Pese a que en el Decreto 4171, se definen claramente las responsabilidades de las autoridades ambientales, en la actualidad se encuentran serias falencias en los mecanismos de seguimiento y control, dado que las entidades distritales realizan su labor de control partiendo de la información reportada por los generadores y las actividades de auditoria se hacen bajo el consentimiento y acuerdo con el generador. Así entonces el cuestionamiento recae en la incertidumbre de la información reportada, y en el acomodo de las visitas de auditoría al estado óptimo de funcionamiento.</p>
Aire	<p>Decreto 948 de 1995. Prevención Contaminación Atmosférica.</p> <p>Decreto 2107 del 30 de noviembre de 1995. Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995.</p> <p>Resolución 1699 de 2003 del DAMA. Por la cual se oficializa el Programa Iniciativa de Aire Limpio de Bogotá D.C., y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Resolución DAMA 556 del 2003. Por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles.</p>	<p>La legislación colombiana contempla 4 aspectos en el tema de aire y dentro de este mismo contexto se ha adicionado uno adicional e independiente que es el tema de ruido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes fijas</li> <li>• Fuentes móviles</li> <li>• Emisiones dispersas</li> <li>• Calidad del aire</li> <li>• Ruido</li> </ul> <p>Dentro de la legislación asociada a aire se ha avanzado a pasos agigantados tanto a nivel nacional como distrital siendo un claro ejemplo de ella el importante soporte técnico que fundamentan la legislación de</p>



Legislación	Observaciones
<p>Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire, Documento CONPES 3344, 2005</p> <p>Resolución 1015 de 2005 del DAMA. Por la cual se fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor a gasolina y diesel, dentro del perímetro urbano del Distrito Capital y se toman otras determinaciones.</p> <p>Resolución 910 de 2008 del Ministerio de Ambiente. Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.</p> <p>Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente. Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.</p> <p>Resolución 610 de 2010. Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.</p> <p>Resolución 650 de 2010 del Ministerio de Ambiente. Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire</p> <p>Resolución 2604 de 2009 de los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se determinan los</p>	<p>la última década. De igual forma se ha avanzado en la generación de normativa técnica, en especial a lo asociada a los procedimientos de medición de emisiones y sistemas de control, como el tema de opacidad, en el que el ICONTEC tras el trabajo de un Comité Técnico está próximo a publicar la nueva norma técnica que permite estandarizar los procedimientos de medición de este parámetro que por la diversidad con la que se estaban operando se habían convertido en un punto crítico dentro de los sistemas de control distritales.</p> <p>Bajo este contexto es importante continuar avanzando en temáticas asociadas a la evaluación y posterior reglamentación de ciertas características mecánicas de los vehículos que pueden contribuir a la disminución de la exposición personal de los pasajeros y peatones, tales como la posición del tubo de escape y la disposición del cárter dentro de los motores.</p> <p>El importante avance de la Resolución 2604, que establece que todos los vehículos diésel livianos y pesados y dedicados a gas natural pesados que sean vinculados a cualquier Sistema de Transporte Masivo (SITM) o de Sistemas de transporte público del país deberán cumplir con la norma de emisiones Euro IV o su equivalente desde el 1 de enero de 2010, es un primer paso en el establecimiento de exigencias de las características que como país debemos exigir a los fabricantes de vehículos. Sin embargo, en esta temática hay aún un importante camino por construir, pues la legislación y regulación debe reevaluarse conforme el avance técnico en la industria automotriz que por ejemplo ya está hablando de Euro VI. Bajo este contexto es interesante tener una normatividad que incluya un desfase de la implementación de la normativa Euro Europea</p>

Legislación	Observaciones
<p>combustibles limpios teniendo como criterio fundamental el contenido de sus componentes, se reglamentan los límites máximos de emisión permisibles en prueba dinámica para los vehículos que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre de pasajeros y para motocarros que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor mixto y se adoptan otras disposiciones.</p> <p>Resolución 1528 del 6 de agosto de 2010. Por la cual se señalan las directrices para la administración de un contingente de importación para 100 unidades de vehículos con motor de funcionamiento exclusivo con gas natural, con motor eléctrico o híbridos clasificables en las partidas 87.02, 87.03 y 87.04, con gravamen arancelario del cero por ciento (0%)</p> <p>Decreto 98 de 2011. Por el cual se adopta el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá.</p> <p><b>Ruido</b></p> <p>Resolución 627 de 2006 del MAVDT. Por la cual se adopta la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental (parámetros permisibles, procedimientos técnicos y metodológicos para la medición de ruido, presentación de informes, y otras disposiciones).</p>	<p>de 5 años por ejemplo, sin embargo es claro que este tipo de decisiones se encuentran asociadas a otro tipo de parámetros interrelacionados tales como la calidad de combustible.</p> <p>Estas exigencias normativas en las características mecánicas deben considerarse de manera integral, incluyendo lo asociado a mecanismos que permitan disminuir la accidentalidad.</p> <p>Otro paso importante a avanzar dentro del país se encuentra asociado al impulso de laboratorios que permitan desarrollar pruebas dinámicas, que permitan establecer sistemas de homologación con el objeto de comprobar si los vehículos que ingresan al país cumplen con los límites de emisiones de contaminantes establecidos y citados en los respectivos certificados, tema crítico en momentos en los cuales el país se encuentra abriendo su economía y estableciendo tratados de comercio internacionales. Para ello, las pruebas se diseñan de manera que representen todas las posibles condiciones de manejo que el auto tendrá que enfrentar en la calle y de allí que se requiera siempre de pruebas dinámicas con ciclos de manejo complejos y con tiempos de duración relativamente largos. Este tipo de procesos no solo involucran una fuerte inversión inicial, un establecimiento de protocolos y selección de pruebas según las diferentes necesidades (IM240, Heavy-duty, o pruebas europeas), y el establecimiento del sistema de gestión para la inspección y mantenimiento asociada a este tipo de pruebas.</p> <p>En cuanto a las temáticas asociadas a ruido, es relevante no solo fortalecer los mecanismos de medición ambiental sino estructurar y normatizar los procedimientos de medición vehicular, velar por el establecimiento de modelos de estimación de niveles de presión sonora</p>

	Legislación	Observaciones
		<p>en vías.</p> <p>De igual forma es importante el reto en la generación de información científica que permita cuantificar y cualificar los niveles de molestia asociado a ruidos y su impacto en la salud y calidad de vida de una población, con el objeto de que esta información sirva de base para el establecimiento de normativas que permitan cobijar la mayor parte de la población, tal y como se ha adelantado en el área de aire.</p>

## 4.2 Control y Regulación Vial

De acuerdo al manual de operaciones, es obligación de los vehículos vinculados al sistema integrado operar de acuerdo a las normas de tránsito vigentes y los estándares de operación definidos por Transmilenio S.A. de forma tal que se minimice todo riesgo de accidentes derivado de la conducción imprudente o por fuera de los estándares. Estos estándares están relacionados con la operación a nivel de las terminales cabecera, estaciones sencillas y paraderos, el tiempo de permanencia de los vehículos en las plataformas, el embarque y desembarque de pasajeros, la prelación en la circulación, entre otros.

Dentro de la regulación vial la de mayor relevancia es el Código Nacional de Tránsito, expedido en la Ley 769 de 2002, en el cuál entre otras disposiciones se establecen las autoridades ambientales (Artículo 3), que cita como principales autoridades:

- El Ministerio de Transporte
- Los Gobernadores y los Alcaldes.
- Los organismos de tránsito de carácter departamental, municipal o distrital.
- La Policía Nacional en sus cuerpos especializados de policía de tránsito urbano y policía de carreteras.
- Los Inspectores de Policía, los Inspectores de Tránsito, Corregidores o quien haga sus veces en cada ente territorial.
- La Superintendencia General de Puertos y Transporte.
- Las fuerzas militares para cumplir exclusivamente lo dispuesto en el parágrafo 5o. de este artículo.
- Los agentes de Tránsito y Transporte.

PARÁGRAFO 1o. Las entidades públicas o privadas a las que mediante delegación o convenio les sean asignadas determinadas funciones de tránsito, constituirán organismos de apoyo a las autoridades de tránsito....”

De igual forma dentro de este marco el Decreto Distrital 319 de 2006 adoptó el Plan Maestro de Movilidad, en se establecieron programas, proyectos y metas, a corto, mediano y largo plazo, con un horizonte a 20 años.

Sin embargo y pese a los grandes esfuerzos que el gobierno y las últimas administraciones han realizado dentro del marco normativo en tránsito, transporte y legislación vial aún es necesario coordinar esfuerzos que permitan mejorar la articulación entre las diferentes instituciones como el Ministerio, la Secretaría y Transmilenio.

Bajo este contexto es igualmente perentorio mejorar en las políticas de seguridad vial y en la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial.

### 4.3 Participación Intersectorial

La participación intersectorial es esencial en el manejo de políticas públicas asociadas a la planeación, operación y control de sistemas de transporte público, así como en las temáticas ambientales (aire, ruido) asociadas al mismo.

Motivo por el cual es esencial la conformación de comités como el que dio origen al programa iniciativa para el aire limpio en el que se coordinaron acciones tendientes a definir y evaluar la implementación de programas y proyectos orientados al mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá D.C., y convocó a la Secretaría Distrital de ambiente antes DAMA,; el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT; el Ministerio de Transporte - MinTransporte; el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM; la Empresa Colombiana de Petróleos - ECOPETROL; la Secretaría Distrital de Salud - SDS; la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá D.C. - STT; la Empresa de Transporte del Tercer Milenio S.A. - Transmilenio; la Asociación Nacional de Industriales - ANDI y su empresa asociada Frigorífico Guadalupe, como empresa afiliada; la Universidad de los Andes - UNIANDES; y la Cámara de Comercio de Bogotá D.C. - CCB, a través de la Corporación Ambiental Empresarial – CAE.

Este trabajo intersectorial debe ser convocado por el gobierno nacional a través de los Ministerios, o por el gobierno local a través de Secretarías Distritales dependiendo del alcance del trabajo, obteniendo de esta forma una amplia participación e integración de las diferentes visiones y aspectos de la ciudad, un ejemplo claro de esto fue la Mesa Regional de Calidad de Aire que se creó en el 2007 con una vigencia de 5 años, en esta mesa participaron el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, las Secretarías Distritales de Ambiente, Salud y Movilidad.

Este tipo de mecanismos permite establecer programas a corto, mediano y largo plazo, facilita la disposición de recursos para el adelantamiento de este tipo de programas y la toma de decisiones concertada. Y la evaluación de programas distritales, interdisciplinarios e interinstitucionales.

Sin embargo, el punto crítico en este tipo de programas de participación intersectorial se fundamenta en que los funcionarios que representan a los diferentes organismos sean funcionarios que se encuentren en capacidad de tomar decisiones, es decir que tenga un cargo de mando medio o alto dentro de la institución.

A continuación nos atrevemos a proponer la necesidad de establecer dos comités intersectoriales (incluso se puede invitar a la academia) en la evaluación y pertinencia del Plan de Movilidad para la Ciudad y a largo plazo un segundo comité que permita realizar una evaluación y seguimiento al Plan Decenal de Descontaminación, recientemente aprobado.

#### 4.4 Fiscalización y control

En la Tabla 2, se muestra las principales entidades involucradas en la implementación de un SITP, se detallan algunas de las funciones que corresponden a éstas y que directa o indirectamente tiene una relación con la implementación de un proyecto de transporte de tan amplio alcance como el SITP, de igual forma se muestra cuál es el papel que se espera cumpla cada entidad dentro del marco del proyecto.

Consideraciones de Fiscalización y Control de las diferentes entidades Nacionales y Distritales en el marco del SITP.

Actividad	Participación en la implementación del SITP
<p>De acuerdo con el Decreto 087 de 2011, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y acciones económicas del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país.</p> <p>Considerando que dentro de sus principales funciones se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fijar y adoptar la política, planes y programas en materia de seguridad en los diferentes modos de transporte y de construcción y conservación de su infraestructura.</li> <li>Establecer las políticas para el desarrollo de la infraestructura mediante sistemas como concesiones u otras modalidades de participación de capital privado o mixto.</li> <li>Apoyar y prestar colaboración técnica a los organismos estatales en los planes y programas que requieran asistencia técnica en el área de la construcción de obras y de infraestructura física, con el fin de contribuir a la creación y mantenimiento de condiciones que propicien el bienestar y desarrollo comunitario.</li> </ul>	<p>Es un organismo fundamental en el apoyo técnico y asesoramiento administrativo en las temáticas de movilidad de la ciudad, que involucran importantes inversiones como la construcción del metro (en caso el momento de la evaluación y aprobación de diseños) y el acompañamiento en temas de movilidad sustentable.</p> <p>Adicionalmente es un actor fundamental en el tema de infraestructura entre el Distrito Capital y las poblaciones cercanas.</p>
<p>Uno de los principales objetivos estratégicos del Ministerio se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Orientar la adopción de criterios de sostenibilidad en la gestión de los sectores productivos e institucionales, procurando la incorporación de sistemas de gestión ambiental, reconversión tecnológica y el cambio en los patrones de consumo.</li> <li>Promover el desarrollo sostenible del territorio considerando las relaciones de la población con la base natural, el espacio construido y el entorno regional mediante la formulación de políticas y regulaciones, referentes a la planificación, el ordenamiento y la gestión territorial.</li> </ul>	<p>El Ministerio es fundamental en el establecimiento de políticas de cubrimiento nacional que tienen un impacto en la calidad del aire de la ciudad, tales como las exigencias normativas en tecnologías, la generación del marco normativo que permita acelerar el proceso de cambios tecnológicos en el sistema de transporte público.</p> <p>De igual forma es un ente esencial para impulsar estudios técnicos que conlleven a la generación de normatividad regulatoria y de control, como fu el caso del estudio para poder estandarizar las mediciones de los opacímetros o los estudios que han permitido mejorar sustancialmente las políticas asociadas al uso de</p>

Entidad	Actividad	Participación en la implementación del SITP
<b>Ministerio de Minas y Energía</b>	<p>Dentro de las funciones del Ministerio se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoptar la política nacional en materia de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, beneficio, transformación y distribución de minerales e hidrocarburos, así como la política sobre generación, transmisión, interconexión, distribución y establecimiento de normas técnicas en materia de energía eléctrica, sobre el uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas.;</li> <li>• Adoptar la política nacional en materia de uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas de energía.</li> <li>• Elaborar máximo cada 5 años un plan de expansión de la cobertura de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible, en el que se determinen las inversiones públicas que deben realizarse, y las privadas que deben estimularse.</li> </ul>	<p>motocicletas.</p> <p>Se espera que el Ministerio de Minas en conjunto con el Ministerio de Ambiente, lidere el tema de disposición de infraestructura y disponibilidad de combustible de excelente calidad para suplir el transporte público según las necesidades tecnológicas seleccionadas por ejemplo, la distribución de gas en Bogotá en caso de implementar una flota con este combustible.</p> <p>Disponer recurso técnicos, humanos y económicos que permitan no solo garantizar la cantidad de combustible que el país y la ciudad demanda en el sector transporte sino mejorar la calidad de este, según parámetros internacionales, v.g. diésel que necesita aún tener una menor cantidad de azufre para que pueda ser usado en vehículos Euro VI.</p>
<b>Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)</b>	<p>Es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, regida por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto 255 de enero 28 de 2004.</p> <p>Algunas de sus funciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los requerimientos minero-energéticos de la población y los agentes económicos del país, con base en proyecciones de demanda que tomen en cuenta la evolución más probable de las variables demográficas y económicas y de precios de los recursos minero-energéticos destinados al desarrollo del mercado nacional, con proyección a la integración regional y mundial, dentro de una economía globalizada.</li> <li>• Establecer la manera de satisfacer dichos requerimientos teniendo en cuenta los recursos minero-energéticos existentes, convencionales y no convencionales, según criterios económicos, sociales, tecnológicos y ambientales.</li> </ul>	<p>La UPME puede acompañar a los Ministerios de Minas y de Ambiente en la presentación de proyectos de financiación para implementar proyectos que permitan generar un apoyo a proyectos de introducción de tecnologías y uso de combustible diferentes a los tradicionales (diesel y gasolina).</p> <p>Establecer la proyección de demanda y oferta de combustible (gas o diesel) y energía, para el transporte público.</p>



Entidad	Actividad	Participación en la implementación del SITP
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar análisis económicos de las principales variables sectoriales y evaluar el comportamiento e incidencia del sector minero energético en la economía del país.</li> <li>• Evaluar la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales.</li> <li>• Realizar diagnósticos que permitan la formulación de planes y programas del sector minero-energético.</li> <li>• Establecer y operar los mecanismos y procedimientos que permitan evaluar la oferta y demanda de minerales energéticos, hidrocarburos, energía y determinar las prioridades para satisfacer tales requerimientos, de conformidad con la conveniencia nacional.</li> <li>• Asesorar en materia de planeación sectorial al Ministerio de Minas y Energía realizando estudios económicos cuando se requiera y apoyar con información de mercados de interés sectorial a los agentes.</li> <li>• Conceptuar sobre la viabilidad técnica y financiera de los proyectos presentados por los entes territoriales y las empresas de servicios públicos para ser financiados por el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas, FAZNI, o por el Fondo Especial Cuota de Fomento de Gas.</li> </ul>	
<b>Secretaría Distrital de Movilidad(SDM)</b>	<p>La SDM formula, orienta, lidera y ejecuta las políticas del sector que garantizan mejores condiciones de movilidad en la ciudad e integran las distintas formas de transporte. La secretaria interviene en las políticas de movilidad de pasajeros, peatones, carga, vehículos así como su expansión en el área rural del Distrito Capital. De otro lado, la secretaria interviene en políticas complementarias asociadas a temas de movilidad como el desarrollo urbano de la ciudad, el uso del vehículo privado, entre otros.</p> <p>En esta línea la SDM está integrada con otras entidades públicas como el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), el fondo de Educación y Seguridad Vial (FONDATT), TransMilenio (TM), Terminal de Transportes.</p>	<p>Bajo este contexto la Secretaría es quien lidera en conjunto con Transmilenio la implementación de un Sistema Integrado de Transporte Público, facilita el proceso de contratación y licitación.</p>

Entidad	Actividad	Participación en la implementación del SITP
<b>Transmilenio S.A</b>	<p>Es el ente gestor del Sistema de Transporte Masivo Transmilenio y del Sistema Integrado de Transporte de Bogotá SITP, cuyas actividades están orientadas a satisfacer las necesidades de transporte público en Bogotá.</p> <p>Específicamente Transmilenio se encarga de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer la relación contractual con los operadores del sistema, verificando el cumplimiento de los aspectos legales derivados de este</li> <li>• Realizar el diseño y planeación estratégica y operacional del sistema integrado de transporte, manteniendo los estándares de calidad de prestación del servicio, de manera articulada con la normatividad vigente en términos ambientales</li> <li>• Generar los lineamientos para la operación segura y eficiente del sistema a través del manual de operaciones</li> </ul> <p>Realizar el control y seguimiento a la operación global del sistema, de forma tal que se mantengan y mejoren los niveles de eficiencia operacional, emisiones, seguridad y calidad del servicio.</p>	<p>Bajo el contexto especificado en la celda anterior se espera que la Secretaría como autoridad ambiental y ente de control, pueda establecer los lineamientos para el control de los programas de autorregulación, de los planes de manejo de gestión de residuos y vertimientos planteados por los diferentes concesionarios.</p> <p>Plantee políticas para implementar los controles de emisiones de PM, gases y ruido acoplados a la operatividad del SITP.</p> <p>Diseñe estrategias para implementar planes de recuperación de elementos de baterías asociadas a la implementación de tecnologías que las requieran, en caso de que estas sean adoptadas en la capital.</p> <p>Establezca mecanismos de regulación a posibles centros de mantenimiento en la operación de sistemas híbridos o energéticos en caso de ser implementados en la ciudad.</p>
<b>Secretaría Distrital de Ambiente</b>	<p>Esta Secretaría orienta y lidera la formulación de políticas ambientales en el Distrito.</p> <p>Dentro de sus funciones resaltaremos tres de interés dentro de este proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercer la autoridad ambiental en el Distrito Capital, en cumplimiento de las funciones asignadas por el ordenamiento jurídico vigente, a las autoridades competentes en la materia.</li> <li>• Diseñar y coordinar las estrategias de mejoramiento de la calidad del aire y la prevención y corrección de la contaminación auditiva, visual y electro magnética, así como establecer las redes de monitoreo respectivos</li> <li>• Realizar el control de vertimientos y emisiones contaminantes, disposición de desechos sólidos y desechos o residuos peligrosos y de residuos tóxicos, dictar las medidas de corrección o mitigación de daños ambientales y complementar la acción de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB- para desarrollar proyectos de saneamiento y descontaminación, en coordinación con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.</li> </ul>	<p>Bajo el contexto especificado en la celda anterior se espera que la Secretaría como autoridad ambiental y ente de control, pueda establecer los lineamientos para el control de los programas de autorregulación, de los planes de manejo de gestión de residuos y vertimientos planteados por los diferentes concesionarios.</p> <p>Plantee políticas para implementar los controles de emisiones de PM, gases y ruido acoplados a la operatividad del SITP.</p> <p>Diseñe estrategias para implementar planes de recuperación de elementos de baterías asociadas a la implementación de tecnologías que las requieran, en caso de que estas sean adoptadas en la capital.</p> <p>Establezca mecanismos de regulación a posibles centros de mantenimiento en la operación de sistemas híbridos o energéticos en caso de ser implementados en la ciudad.</p>

Entidad	Actividad	Participación en la implementación del SITP
<b>Secretaría Distrital de Hacienda</b>	<p>Esta secretaría se encarga de garantizar la sostenibilidad financiera del Distrito Capital, asegurándose que Bogotá cuente con los recursos necesarios para cumplir sus obligaciones y con los planes de inversión para la ciudad.</p> <p>Dentro de sus funciones resaltaremos las que tienen especial interés para este proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar la política financiera de la ciudad</li> <li>• Recaudar y gestionar los recursos de crédito y de transferencias de la Nación</li> </ul>	<p>Se espera que la secretaria Distrital de Hacienda, logre una la coordinación de inversiones de la banca multilateral y apoyo a proyectos de impacto distrital, tales como el Sistema Integrado de Transporte, en la medida en que se puedan fortalecer la política financiera para y destinar recursos para la implementación de estrategias que potencialicen el SITP.</p>
<b>Secretaría Distrital de Salud</b>	<p>La Secretaría ejerce acciones de rectoría del sistema de salud, con el fin de satisfacer sus necesidades individuales y colectivas de la población, a través de un enfoque de calidad de vida con equidad, integralidad y participación.</p>	<p>Bajo este contexto la Secretaría través del monitoreo epidemiológico le corresponde evaluar en forma integral la problemática de calidad del aire y su incidencia en la salud de los colombianos, por eso se considera fundamental el fortalecimiento de las redes de calidad del aire y la evaluación mediante proyecto específicos de análisis in situ, que permitan verificar y determinar comportamientos, relaciones y asociaciones entre calidad del aire y salud, a través de los cuales se puedan implementar y desarrollar políticas de atención de la problemática mediante mecanismos de prevención desde el punto de vista médico y de estructuración de medidas para la disminución de la contaminación.</p>

## CAPÍTULO 5 – CAPACITACIÓN

Acorde con lo estipulado contractualmente Transmilenio S.A ha definido los módulos de capacitación requeridos por un conductor de buses regulares, articulados y biarticulados, es importante aclarar que estos módulos se han definido para vehículos con sistemas de combustión diesel, bajo este contexto el programa incluye una capacitación de 145 horas de entrenamiento inicial y 85 horas de refuerzo a aplicar una vez al año , los detalles de las temáticas de los módulos se describieron en el Informe 3.

Esta capacitación convencional incluye el concepto de conducción verde, área para la cual se propuso un incremento en las horas prácticas y teóricas, considerando el impacto que este tiene en consumo de combustibles y por ende en emisiones, según las guías de la Cooperación Técnica Alemana (GIZ), se propone que el incremento de las horas prácticas de refuerzo igualen las horas prácticas de entrenamiento y adicionalmente se propone el abordaje de las siguientes temáticas:

- El mecanismo de combustión y las emisiones.
- Principios de calidad del aire (contaminantes criterio, emisiones, concentración).
- Calidad del aire y salud.
- Patrones y ciclos de conducción.
- Temáticas específicas ya consideradas dentro del módulo.
- Prácticas en simuladores.

Considerando el impacto que tiene la conducción verde en el consumo de combustible y por ende en las emisiones, con el objeto de que este proceso de capacitación no quede como una rueda suelta en el marco de Gestión Administrativa del Concesionario, podría incluirse la evaluación y seguimiento del proceso de conducción verde dentro del programa de autorregulación que exige el capítulo 5, cláusula 27 de la minuta contractual para los concesionarios.

Paralelamente, como actualmente se encuentra el proceso planteado la capacitación inicial y recapitación anual contempla un módulo de conocimiento del vehículo con una asignación de 10 horas, sin embargo, dado el caso de adquisición de nuevas tecnologías es necesario evaluar el incremento de esta

dedicación según la necesidad. Bajo este contexto es necesario no sólo generar un proceso de capacitación a los conductores sino a los operarios responsables del mantenimiento preventivo de los vehículos, cuyo alcance y dedicación depende del tipo de tecnología a implementar.

Se debe verificar que durante los contratos de adquisición con vehículos de nuevas tecnologías se incluya una capacitación inicial a los supervisores de cada concesionario y en lo posible a los conductores, se debe garantizar un programa de mantenimiento preventivo y uno programa de mantenimiento correctivo, factible de extender posterior a la terminación de la garantía del vehículo.

Pese a esto las empresas siempre pueden adquirir un programa de formación con el SENA, el proceso de solicitud inicial se hace a través de la página web y no tiene ningún costo ni para la empresa ni para el trabajador, posteriormente se discute con un asesor del SENA los detalles del programa. Sin embargo, para efectos de gestión del proceso es necesario que la empresa de un valor a la capacitación que se otorga para lo cual se puede considerar el valor hora del operario por el tiempo que dura la capacitación.

Los proceso de capacitación para técnicos que tendrían bajo su responsabilidad el mantenimiento de los vehículos con nuevas tecnologías, requieren una dedicación elevada al inicio del proceso y según los indicadores de los operadores (operación del vehículo, partes dañadas o afectadas, número de inquietudes en operación) se podrá evaluar una recapacitación con una frecuencia superior al año, sin embargo estos costos asociados tienden a disminuir en la medida en que se tiene una mejor curva de aprendizaje de la operación de los equipos.

## CAPÍTULO 6 – FINANCIAMIENTO

La búsqueda de herramientas de financiación que permitan acelerar el paso a tecnologías más limpias en el transporte público o desarrollar mejoras en infraestructura, se convierte en un desafío para la administración nacional y distrital; por ende, vale la pena establecer estrategias que permitan acceder a una mayor cantidad de recursos internacionales o nacionales. Bajo este contexto es recomendable establecer planes que incluyan:

- Una participación intersectorial o interinstitucional, según el proyecto.
- Identificar oportunidades de ahorro en ciertos sectores, traspasando esas ganancias a otros.
- Buscar alianzas entre concesionarios para establecer planes de financiamiento que les permita reducir costos y mejora el apalancamiento de las deudas.
- Identificar los diferentes organismos que dentro del marco institucional pueden revisar, apoyar y/o avalar las propuestas técnicas y financieras a presentar, tales como el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Hacienda, la UPME, entre otros.
- Establecer convenios con fondos monetarios de financiación como: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Corporación Andina de Fomento, el Banco Europeo de Inversiones, el Banco Centroamericano de Integración Económica, el Banco de Desarrollo del Caribe, el Banco Europeo de Inversiones (BEI), la fundación Clinton, el Banco Mundial conformado por dos instituciones de desarrollo el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) diseñado para el apoyo a países de mediano ingreso y países pobres con capacidad crediticia y la Asociación Internacional de Fomento (AIF), diseñada para el apoyo a países pobres sin capacidad crediticia.

Otras estrategias que pueden permitir obtener recursos están ligadas al desarrollo de una evaluación y seguimiento a los planes estratégicos de los mercados verdes asociados al transporte público, vinculados al Proyecto Colectivo Ambiental del Programa de Mercados Verdes del MAVDT y al establecimiento de políticas de gestión que permitan generar planes de implementación conjunta con países

estratégicos para alcanzar las metas de reducción de emisiones asociadas a los planes estratégicos.

Actualmente, se está evaluando la continuidad de los programas de mercados verdes a nivel internacional que inicialmente se encuentra planteado para finalizarlo en 2012, de no continuar con este tipo de programas, llevaría a la estructuración de otro tipo de estrategias que permitan incentivar la disminución de los gases efecto invernadero y mitigar sus impactos, bajo este contexto una de las estrategias que se está perfilando con mayor fuerza consiste en las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés), éstas se plantearon como la implementación de medidas de mitigación adecuadas a cada país en vía de desarrollo en cooperación con países en desarrollo en el contexto del desarrollo sostenible, facilitadas por la implementación de tecnologías, financiación y actividades de fomento de la capacidad de acción, de igual forma contempla estas medidas bajo un marco completamente verificable de los resultados.

Algunas propuestas referidas a las NAMAs, su alcance y configuración, sugieren que podría haber tres diferentes categorías de NAMAs:

1. Las unilaterales, consistentes en acciones autónomas realizadas por los países en desarrollo para lograr reducciones de emisiones sin contar con apoyo o financiamiento externo;
2. Las NAMAs con asistencia, o cooperativas, que consisten en acciones ejecutadas por los países en desarrollo que se llevan a cabo con apoyo financiero o de otro tipo provisto por los países desarrollados y que resultan en reducciones más elevadas que las que provienen de acciones que se ejecutan unilateralmente;
3. Las NAMAs que generan créditos, al producir reducciones de emisiones que exceden las que ocurrirían en caso de ponerse en marcha NAMAS con apoyo; este diferencial positivo de reducciones permitiría, en algunas propuestas, que haya NAMAs y acciones basadas en NAMAs, cuyas reducciones excedentes produzcan offsets que puedan volcarse al mercado global de carbono.

#### **A nivel Nacional**

1. Acorde con el artículo 424-5 del Estatuto tributario, reglamentado por el Decreto 2532 de 2001 y la Resolución No. 978 del 4 de junio de 2007, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, es posible conceder la exención del IVA a maquinaria y equipos importados destinados al desarrollo de proyectos o actividades que sean exportadores

de certificados de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, que no hagan parte del mercado de cumplimiento derivado del Protocolo de Kyoto y del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Adicionalmente, el marco de estas actividades debe estar enmarcado dentro de una legislación nacional o local vigente.

Para el caso de Bogotá, la Alcaldía Distrital bajo el Decreto 98 de 2011 adopta el Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá, el cual genera un marco jurídico y regulatorio en el que cabe la gestión de medidas que permitan disminuir la contaminación del aire y la emisión de gases efecto invernadero, permitiendo así que estrategias que involucren la importación de tecnologías en vehículos (incluyendo los mismos vehículos) pueden estar exentos de IVA.

2. De igual forma se recomienda evaluar y gestionar incentivos económicos como por ejemplo la disminución de aranceles. Recientemente el Ministerio de Ambiente promovió una iniciativa para que cerca de 160 vehículos livianos eléctricos, híbridos y dedicados a gas natural tengan cero aranceles e igualmente ha impulsado que los vehículos de transporte públicos que operen bajo estas mismas tecnologías tengan una reducción en los aranceles del 15 al 5%, esta iniciativa tuvo cabida en el Comité superior de Política Fiscal (CONFIS) del Ministerio de Hacienda, previa recomendación del Comité triple A siendo aprobada en el Decreto 2658 del 29 de julio de 2011.
3. Adicionalmente se pueden contar con instrumentos regulatorios como normas y contratos que previo estudio técnico flexibilicen aspectos asociados a la ampliación de los términos temporales de una concesión o la vida útil de vehículos, o el manejo de tarifas diferenciadas para vehículos que operen con tecnologías limpias entre otros, incentivando de esta forma el libre traslado a la adquisición de vehículos menos contaminantes.

En este sentido, una de las condiciones que comprometen en mayor medida la viabilidad financiera de estos proyectos de migración tiene que ver con el costo de los vehículos como inversión al inicio del proyecto. Deben buscarse entonces mecanismos como los mencionados anteriormente para reducir este costo inicial o financiarlo de manera que se supere este obstáculo para la implementación. A partir del análisis financiero realizado, se determinó el impacto que tienen el costo inicial (vehículos e infraestructura) y otros costos recurrentes (mantenimiento y energía) en la viabilidad del proyecto para hacer una aproximación a las reducciones que deberían hacerse en los mismos.



## CAPÍTULO 7 – ESTÍMULOS

El lograr que los diferentes operadores, mantengan un Plan de Gestión Ambiental, un mantenimiento de la flota apropiado y que logren que sus conductores mantengan patrones de conducción eficiente que les permitan a los operadores ahorrar combustible son temáticas que pueden incentivarse a través de estímulos internos (entre el personal) y externos entre operadores por ejemplo. Y sería muy interesante si esos estímulos externos pueden ser aún más ambiciosos de tal forma que se logre que el operador por voluntad decida renovar su flota con vehículos que implementen mejores tecnologías y combustibles que reduzcan el impacto en emisiones, como el gas, los híbridos o los vehículos eléctricos.

El establecimiento de estímulos debe estar enmarcado dentro de la política de gestión de operación y autorregulación de las diferentes empresas involucradas, y debe contar con indicadores específicos acorde con los procesos desarrollados. Dentro de los parámetros operativos se debe contar con recursos técnicos y humanos que permitan hacer una adecuada recolección de información y seguimiento de los parámetros seleccionados; bajo este contexto, las agendas de seguimiento dentro de una empresa pueden llegar a tener costos sumamente variables. Es posible que los operadores tengan que invertir en equipos como un Módulo Electrónico de Monitoreo de Operación (MEMO) para el seguimiento del consumo de combustible, entre otros; adicionalmente, para obtener información más detallada se pueden instalar equipos tipo AVL que permiten tener información mucho más confiable (ver especificaciones y costos de las diferentes unidades en Informe 3). Complementario a lo anterior, se debe realizar una inversión en el recurso humano tanto en el personal que hace el seguimiento como en las capacitaciones para los técnicos y conductores, las cuales pueden incluir inversiones en simuladores con el objeto de entrenar a los conductores.

Dentro de los estímulos internos se deben recurrir tanto a estrategias de reconocimiento como a estrategias de premiación en especie o dinero, es importante mantener un registro por cada uno de los conductores de la empresa. Con respecto a los estímulos externos se puede recurrir a reconocimientos públicos nacionales e internacionales, fomentar el benchmarking entre operadores, generar un sistema concertado de reconocimiento como etiquetas verdes por ejemplo cuya filosofía se fundamenta en que haya un reconocimiento de los usuarios de que la empresa utiliza procesos que generan un impacto bajo en el ambiente, es básicamente una declaración ambiental de un producto o proceso, si se la empresa genera bienes, el otorgamiento de la etiqueta

contempla el ciclo de vida del producto, si se habla de un servicio como el transporte público se habla del ciclo del combustible y mecanismos de conducción.

El Benchmarking de desempeño ambiental, permite fomentar un mejoramiento continuo y suficiente en el desempeño ambiental del sistema de transporte público de Bogotá es fundamental definir una serie de indicadores que permitan comparar entre los distintos operadores de la ciudad. Se propone utilizar una metodología que use los principios del “benchmarking” de manera que se puedan evaluar de manera objetiva los resultados ambientales en los diferentes sectores de la ciudad e identificar opciones de mejora. Adicionalmente, la comparación entre operadores permite definir una serie de las mejores prácticas según los resultados obtenidos, pero dejando la carga de mejora sobre los operadores y no sobre el distrito. La definición de los indicadores debe ser producto de una concertación entre los distintos actores y debe funcionar de manera dinámica que permita ajustes con el paso del tiempo. A nivel internacional existen algunas experiencias de benchmarking en el desempeño del transporte público de las ciudades tales como el proyecto CoMET/NOVA de 1994, el proyecto BEST de la comisión europea iniciado en 2003, el proyecto de benchmarking adelantado por el Ministerio de Transporte de China (2008) entre otros (Henning et al. 2011).

Finalmente este tipo de políticas que impulsan el buen desempeño en diferentes aspectos de un operador, especialmente en términos ambientales puede dar cabida a la generación de Sistemas de Acreditación, paralelo al tema de acreditación podrían establecerse las bases para el establecimiento de un mercado en el cuál empresas de ingeniería se especialicen técnicamente en el diagnóstico, establecimiento de propuestas y seguimiento de la reducción en consumo de combustible y emisiones en cada consorcio, generando importantes oportunidades de negocio para los empresarios del país.

Si bien cuantificar el potencial de disminución en emisiones de la implementación de políticas para la generación de estímulos es un ejercicio que supera los alcances de este proyecto, es importante resaltar que éstas herramientas permiten asegurar una mejora continua. A medida que las tecnologías van cambiando y los distintos operadores van adoptando mejores prácticas, estos incentivos permiten que los distintos operadores busquen mejorar su resultado de desempeño. Adicionalmente, esta herramienta ayuda a que se fijen metas de corto y mediano plazo. Dentro de los indicadores con mayores impactos estarían:

- Factores de emisión promedio de la flota por operador.
- Desviación de factores de emisión de un operador del promedio de toda la ciudad.
- Índice de pasajeros por kilómetro (IPK).
- Consumo de combustible.

Vale la pena mencionar que los indicadores anteriores son tan solo ejemplos del tipo de información que se podría usar. Una lista final de indicadores tendría que ser producto de talleres de concertación de los diferentes actores involucrados.

## REFERENCIAS

- Clean Air Institute, Centro Mario Molina. Draft Informe Final: Desarrollo de una Estrategia para una Política de Vehículos Limpios en Colombia, diciembre 2010.
- FLEAT (2010) Intelligent Energy Europe. D5.3 Report on monitoring pilot actions. <http://fleet-eu.org/results.php>
- GTZ, Gobierno de Chile (2002). *El estilo de conducción eficiente*
- Peter Wilbers, Henk Wardenaar (2007). *The Dutch national ecodriving programme Het Nieuwe Rijden: A success story*, ECEEE 2007 Summer Study
- IDAE-Agencia Andaluza (2006) *Manual de Conducción eficiente*. [www.agenciaandaluzadelaenergia.es](http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es)
- Henriquez Aguirre Alvaro, Osess Alvarado Mauricio. *Conducción eficiente. Seminarios de Difusión Tecnológica*. Universidad de Chile
- Rodriguez, P. Behrentz, E. Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá a través de mediciones directas. Universidad de los Andes, 2009.
- Secretaría Distrital de Ambiente. Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, 2010. Disponible en [http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/descargas/LibroPDAAB\\_final.pdf](http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/descargas/LibroPDAAB_final.pdf)
- Sonntag, D. Gao, O. Developing link-based particle number emission models for diesel transit buses using engine and vehicle parameters. Transportation Research Part D, Vol 14, 240 – 248, 2009.
- SECTRA. Análisis y Desarrollo de Ciclos de Conducción por Categoría Vial para Santiago, Informe final. República de Chile, Ministerio de Planificación, Programa de Viabilidad y Transporte Urbano: SECTRA, 2010.
- Parlamento europeo y del consejo. Directiva 2005/55/CE. Diario Oficial de la Unión Europea, L 275/1, 2005. Disponible en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:275:0001:0163:ES:PDF>
- Giraldo, L. Development of representative driving cycles for Bogota's light-duty fleet. Documento del Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional – SUR, 2005.
- Borrego, C. et al. Emission and dispersion modeling of Lisbon air quality at local scale. Atmospheric Environment, 37, 5197-5205, 2003.
- Lee, R.L. Näslund, E. Lagrangian Stochastic Particle Model Simulations of Turbulent Dispersion Around Buildings. Atmospheric Environment, 32 (4), 665-672, 1998.
- Leuzzi, G. Monti, P. Particle Trajectory Simulation of Dispersion Around a Building. Atmospheric Environment, Vol 32 (2), 203-214, 1998.
- Pope, S.B. Turbulent Flows. University Press, Cambridge, 2000
- Rodriguez, P. Behrentz, E. Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá a través de mediciones directas. Universidad de los Andes, 2009
- Santiago, J.L. Martín, F. SLP-2D: A new Lagrangian particle model to simulate pollutant dispersion in street canyons. Atmospheric Environment, 42, 3927-3936, 2008.
- Universidad de Aveiro, Departamento de Ambiente y Ordenamiento. VADIS Street Canyon Model, Methodology description. SUTRA Project, 2006.
- Acevedo, Jorge, Juan Pablo Bocarejo, Germán Lleras, Juan Carlos Echeverri, Germán Ospina, y Álvaro Rodríguez. *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040*. Bogotá: Uniandes, 2008.
- Acevedo, Jorge, Juan Pablo Bocarejo, Juan Carlos Echeverry, Germán Ospina, Germán Camilo Lleras, y Alvaro Rodríguez. *El transporte como soporte al desarrollo de Colombia: una visión a 2040*. Bogotá: Ediciones Uniandes, 2008.
- Chae, Yeora, y otros. *Cost-Benefit Analysis of Integrated Environmental Strategies for Air Quality Improvement and Greenhouse Gas Emission Reductions*. Seoul: Integrated Environmental Strategies, 2007.
- Cifuentes, Luis, Héctor Jorquera, Enzo Sauma, y Felipe Soto. *International Co-Controls Analysis Program Final Report*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2001.

CITEPA. *Rapport National d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto*. Paris: CCNUCC, 2010.

Eggleston, Simon, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, and Kiyoto Tanabe. "Volume 1. General Guidance and Reporting ." In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, by Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Japón: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.

Environment Canada. "National Inventory Report 1990-2008: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada." Canada, 2010.

Environment Protection Training and Research Institute. *Integrated Environmental Strategies (IES). Study for the city of Hyderabad, India*. Integrated Environmental Strategies, Hyderabad: U.S. Environmental Protection Agency, 2005.

Fundación Bariloche. "Inventario nacional de la República Argentina, de fuentes de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, no controlados por el protocolo de Montreal." Buenos Aires, 2005.

Gaioli, Fabián, Pablo Tarela, Anna Sörensson, Tomas Svensson, Elizabeth Perone, y Mariana Conte. *Valuation of Human Health Effects and Environmental Benefits of Greenhouse Gases Mitigation and Local Air Pollution Abatement Options in the Buenos Aires Metropolitan Area*. Buenos Aires: Integrated Environmental Strategies of the US Environmental Protection Agency, 2002.

Garber, N. J., y L. A. Hoel. *Ingeniería de tránsito y carreteras*. Mexico D.F.: Thompson, 2005.

Gomez, G, A May, y R Horowitz. «Congested Freeway Microsimulation model Using VISSIM.» *Transportation Research Record 1876*, 2004: 71-81.

Hidalgo, Dario, y Edgar Sandoval . *Transmilenio: A High Capacity – Low Cost Bus Rapid Transit System Developed for Bogotá, Colombia*. Bogotá, Colombia: Transmilenio S.A., 2001.

INCCA Indian Network for Climate Change Assessment. *India: Greenhouse Gas Emissions 2007*. New Delhi: Ministry of environment and Forests, 2010.

Instituto Nacional de Ecología. *The benefits and costs of a Bus Rapid Transit System in Mexico City*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología, 2008.

Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002*. México: Comité intersecretarial sobre cambio climático, 2006.

McKinley, Galen, y otros. *Final Report of the Second Phase of the Integrated Environmental Strategies Program in Mexico*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología and the US Environmental Protection Agency Integrated Environmental Strategies, 2003.

McKinley, Galen, y otros. *The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City*. Integrated Environmental Strategies, Ciudad de México: U.S. Environmental Protection Agency, 2003.

Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); República de Colombia. *Proyección de demanda de gas natural en Colombia* . Bogotá, 2010.

Muñoz, Natalia, y Eduardo Behrentz. «Compilación y Análisis de Datos Epidemiológicos en Bogotá.» Tesis de Grado de Maestría, Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana Regional - SUR, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil & Ambiental, Bogotá, 2009.

National Renewable Energy Laboratory; Department of Environmental Science, Tsinghua University; School of Public Health, Peking University; School of Public Health, Yale University. *Energy options and health benefit. Beijing Case Study*. Integrated Environmental Strategies, Beijing: U.S. Environmental Protection Agency, 2005.

Organización Panamericana de la Salud. «Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe.» Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C., 2005.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático. "Chapter 3: Mobile Combustion." In *Volume 2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, by Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 3.1-3.78. Hayama, Japón: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.

Scorcia, Yisseth Solangy. *Previsión de la evolución de las características del parque automotor en Bogotá*. Bogotá, 2009.

Secretaría Distrital de Ambiente (SDA); Grupo de Estudio en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). *Definición de Elementos Técnicos para la Formulación de Políticas encaminadas al Mejoramiento de Calidad de Aire de Bogotá*. Bogotá, 2008.

—. *Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá*. Bogotá, 2010.

Super CADE Virtual Bogotá. *Fases del Sistema TransMilenio*. 06 de 2011. [http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame\\_detalle\\_scv.php?h\\_id=23311](http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_scv.php?h_id=23311) (último acceso: 08 de 2011).

TAS. «North-Southeast Corridor Study: Technology Assessment Report.» Jacksonville, FL, USA, 2001.

- TransMilenio S.A. «Un sistema de transporte masivo de alta capacidad y bajo costo.» 2004. <http://nestlac.org/Consulta/TransmilenioBogota.pdf> (último acceso: 08 de 2011).
- U.S. Environmental Protection Agency. *Integrated Environmental Strategies* | US EPA. 2009 йил 03-Junio. <http://www.epa.gov/ies/> (accessed 2010 йил 26-Mayo).
- U.S.Environmental Protection Agency. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008*. Washington D.C. : Environmental Publications, 2010.
- Vincent, William, y Lisa Calaghan Jerram. «The potential for Bus Rapid Transit to reduce transportation-related CO2 emissions. ..» *Journal of Public Transportation*, 2006.
- West, Jason, Patricia Osnaya, Israel Laguna, Julia Martinez, y Adrian Fernández. *Co-control of urban air pollutants and greenhouse gases in Mexico City*. Integrated Environmental Strategies, Ciudad de México: U.S Environmental Protection Agency, 2003.
- Behrentz, E., Fitz, D., Pankratz, D., Sabina, L., Colome, S. y Winer, A. (2004). Measuring self-pollution in school buses using a tracer gas technique. *Atmospheric Environment*. Vol. 38, 3735-3746.
- Chan LY, Lau WL, Zou SC, Cao ZX, Lai SC. (2002). Exposure level of carbon monoxide and respirable suspended particulate in public transportation modes while commuting in urban area of Guangzhou, China. *Atmospheric Environment*. Vol. 36, 5831– 40.
- Clean Air Task Force (CATF). (2005). *A Multi-City Investigation of the Effectiveness of Retrofit Emissions Controls in Reducing Exposures to Particulate Matter in School Buses*. Disponible en: [www.catf.us/publications/view/82](http://www.catf.us/publications/view/82).
- [Duffy, B.L. y Nelson P.F. \(1997\)](#). Exposure to Emissions of 1,3-butadiene and Benzene in the Cabins of Moving Motor Vehicles and Buses in Sydney, Australia. *Atmospheric Environment*. Vol. 31, 3877-3885.
- Espinosa, M y Behrentz, E. (2007). *Caracterización de los Rangos de Exposición a Contaminantes Atmosféricos en Bogotá: estudio piloto. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.*
- Fitz, D; Winer, A. et al.,(2003). *Characterizing the Range of Children's Pollutant Exposure During School Bus Commutes*. Reporte Final presentado a "The California Air Resources Board" (CARB). Disponible en: [www.arb.ca.gov/research/schoolbus/schoolbus.htm](http://www.arb.ca.gov/research/schoolbus/schoolbus.htm).
- Gómez-Perales, J.E; Colvile, R.N; Fernández, A.A; Gutiérrez, V; Páramo V.H; Blanco, S; Bueno, E; R. Bernabé, R; Mandujanoc, F; Hidalgo, M. y Nieuwenhuijsen, M.J. (2007). Bus, minibús, metro inter-comparison of commuters' exposure to air pollution in Mexico City. *Atmospheric Environment*. Vol. 41, 890–901.
- Ireson, R, Easter, M, Lakin, M, Ondov, J, Clark, N y Wright, D. (2004). Estimation of diésel particulate matter concentrations in a school bus using a fuel-based tracer: sensitive and specific method for quantifying vehicle contributions. *Transportation Research Record*. Vol. 1880, 21-28.
- Manufacturers of Emission Controls Association (MECA). 2009. Retrofitting emission controls for diesel powered vehicles.
- Ontario Public Health Association (OPHA). (2005). *School Buses, Air Pollution & Children's Health: Improving Children's Health & Local Air Quality by Reducing School Bus Emissions*. Toronto, Ontario. Disponible en: [www.opha.on.ca/resources/schoolbus.pdf](http://www.opha.on.ca/resources/schoolbus.pdf).
- Presidencia de la República de Colombia. *Decreto 1552 de 2000*. Disponible en: [www.presidencia.gov.co/.../decretoslinea/2000/agosto/15/dec1552152000.doc](http://www.presidencia.gov.co/.../decretoslinea/2000/agosto/15/dec1552152000.doc)
- Sabin, D., Behrentz,E., Winer,A., Jeong,S., Fitz,D., Pankratz,D., Colome, S. y Fruin, S. (2005). Characterizing the range of children's air pollutant exposure during school bus commutes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. Vol. 15, 377–387.
- Sabin, D., Kozawaa., K. Behrentz., E., Winer., Fitz,D., Pankratz, D., Colome, S., Fruine., S. (2005). Analysis of real-time variables affecting children's exposure to diesel-related pollutants during school bus commutes in Los Angeles. *Atmospheric Environment*. Vol. 39, 5243–5254.
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). (2010). Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá (PDDB).
- Secretaría Distrital de Movilidad (SDM). (2009). Sistema Integrado de Transporte Público: Modelo Funcional y Operativo. Disponible en: [www.transmilenio.gov.co](http://www.transmilenio.gov.co).
- [Wargo, J., Brown, D., Cullen, M., Addiss, S., y N. Alderman. \(2002\)](#). *Children's Exposure to Diesel Exhaust on School Buses*. Environmental and Human Health, Inc., North Haven, CT. Disponible en: [www.ehhi.org/reports/diesel](http://www.ehhi.org/reports/diesel).
- Weisel, C.P. (2005). Automobile, Bus, and Rail Passenger Air Quality. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Vol. 4, Part H. 317–334.
- [Wöhnschimmel, H; Zuk, M; Martínez-Villa; G., Cerón, J; Cárdenas, B; Rojas, L y Fernández, A. \(2008\)](#). The impact of a Bus Rapid Transit system on commuters' exposure to Benzene, CO, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Mexico City. *Atmospheric Environment*. Vol. 42, 8194–8203.

-Fleming, G.G., Rapoza, A. y Lee, C. (1995) Development of National Reference Energy Mean Emission Levels for the FHWA Traffic Noise Model, Report No.

FHWA- PD-96-008 and DOT-VNTSC-FHWA-96-2, John A. Volpe Transportation Systems Center, Acoustics Facility, Cambridge, MA.

CENAM, Centro Nacional de Metrología. Direccion de vibraciones y acústica. Comentarios datos medidos Uniandes, 2011.

[Paoprayoon Suwajchai , Wongwises Prungchan y Narupiti Sorawit.](#) Development of Thailand's Vehicle Noise Emission Levels under Stop-and-Go Traffic Condition. The Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE). 2004.

Pamanikabud Pichai, Vivitjinda Prakob. Noise prediction for highways in Thailand. Transportation Research Part D. Pág 441-449. 2002.

California Department of Transportation Environmental Program Office of Environmental Engineering Sacramento, California Use of California Vehicle Noise Reference Energy Mean Emission Levels (Calveno REMELS) in STAMINA2.0 FHWA Highway Traffic Noise Prediction Program. 1995.

Hansen Collin. Fundamentals of Acoustics. Department of Mechanical Engineering. University of Adelaide, South Australia.

Priede T. Origins of Automotive Vehicle Noise. Journal of Sound and Vibration. Vol 15. Págs 61-73. 1971

Ali, S. A. and A. Tamura (2003). "Road traffic noise levels, restrictions and annoyance in Greater Cairo, Egypt." Applied Acoustics 64(8): 815-823.

Ali, S. M. J. and S. P. Sarna (1978). "Noise levels inside passenger cars." Applied Acoustics 11(4): 277-284.

Babisch, W. (2000). Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis. Noise & Health, 2(8), 9-32.

Bies and Hansen. (2003). Engineering noise control, volume 2. Spoon Press.

Bryan, M. E. (1976). "A tentative criterion for acceptable noise levels in passenger vehicles." Journal of Sound and Vibration 48(4): 525-535.

Bryan, M. E., W. Tempest, et al. (1978). "Vehicle noise and the passenger." Applied Ergonomics 9(3): 151-154.

Chambers, J. P. (2005) Noise Pollution. In: Lawrence K. Wang, Norman C. Pereira and Yung-Tse Hung, Editors, *Advanced Air and Noise Pollution Control (Handbook of Environmental Engineering, vol. 2)*, The Humana Press, Totowa, NJ (2005) 544 pp.

Director del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) (1998). Resolución 1198 de 1998. Por la cual se definen unas zonas de nivel sonoro en el Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá.

Fyhri, A. and R. Klæboe (2009). "Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health--A structural equation model exercise." Environment International 35(1): 91-97.

Ising, H. and B. Kruppa (2004). Health effects caused by noise: Evidence in the literature from the past 25 years.

Ising, H., Lange-Asschenfeldt, H., Moriske, H., Born, J., & Eilts, M.. (2004). Low frequency noise and stress: Bronchitis and cortisol in children exposed chronically to traffic noise and exhaust fumes. Noise & Health, 6(23), 21-8.

ISO TS 15666:2003(E) – Acoustics: Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.

ISO 5128:1980 – Acoustics: Measurement of noise inside motor vehicles.

Jakovljevic, B., K. Paunovic, et al. (2009). "Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population." Environment International 35(3): 552-556.

Kang, J. (2007). Urban sound environment. Taylor and Francis.

Klæboe, R., A. H. Amundsen, et al. (2004). "Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway." Applied Acoustics 65(9): 893-912.

Klæboe, R., M. Kolbenstvedt, et al. (2000). "Oslo traffic study - part 1: an integrated approach to assess the combined effects of noise and air pollution on annoyance." Atmospheric Environment 34(27): 4727-4736.

Lercher, P. (1996). "Environmental noise and health: An integrated research perspective." Environment International 22(1): 117-129.

Martín, M. A., A. Tarrero, et al. (2006). "Exposure-effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain." Applied Acoustics 67(10): 945-958.

Mato, R. R. A. M. and T. S. Mufuruki (1999). "Noise pollution associated with the operation of the Dar es Salaam International Airport." Transportation Research Part D: Transport and Environment 4(2): 81-89.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

Ministerio de Salud (1983). Resolución 8321 de 1983. Por la cual se dictan normas sobre Protección y conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.

Muzet, A. (2007). "Environmental noise, sleep and health." *Sleep Medicine Reviews* 11(2): 135-142.

Nelson, P. M. and Abbott, P. G. (1987). Low noise road surfaces. *Applied Acoustics* 21, pp. 119–137.

NOISE (Noise Observation and Information System for Europe), s.f. Disponible en el sitio web: <http://noise.eionet.europa.eu/index.html>. Consultado por última vez el 15 de Mayo de 2011.

Öhrström, E., E. Hadzibajramovic, et al. (2006). "Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults." *Journal of Environmental Psychology* 26(2): 116-126.

Ouis, D. (2001). "Annoyance from road traffic noise: a review." *Journal of Environmental Psychology* 21(1): 101-120.

Pacheco, J., Behrentz, E. (2009). "Caracterización de los niveles de contaminación por Ruido en Bogotá – Estudio Piloto".

Pathak, V., B. D. Tripathi, et al. (2008). "Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place." *Atmospheric Environment* 42(16): 3892-3898.

Pirrerá, S., E. De Valck, et al. (2010). "Nocturnal road traffic noise: A review on its assessment and consequences on sleep and health." *Environment International* 36(5): 492-498.

Presidencia de la República y Ministerio del Medio Ambiente (1995). Decreto 948 De 1995. En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Priede, T. (1967). "Noise and vibration problems in commercial vehicles." *Journal of Sound and Vibration* 5(1): 129-152, IN125-IN126, 153-154.

Priede, T. (1971). "Origins of automotive vehicle noise." *Journal of Sound and Vibration* 15(1): 61-73.

Priede, T. (1982). Road Vehicle Noise. In *Noise and Vibration*, by R.G. White, J.G., Walker. Ellis Horwood Ltd., New York.

Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C (2010). Resolución 6918 de 2010. Por la cual se establece la metodología de medición y se fijan los niveles de ruido al interior de las edificaciones (inmisión) generados por la incidencia de fuentes fijas de ruido.

Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C (2010). Resolución 6919 de 2010. Por la cual se establece el plan local de recuperación auditiva, para mejorar las condiciones de calidad sonora en el distrito capital.

Tomisek, J. and M. Bilban (2011). "The influence of noise on cardiovascular diseases." *Zdravniški Vestnik-Slovenian Medical Journal* 80(5): 395-404.

World Health Organization (1999). "Guidelines for community noise". Edited by Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H.

Zannin, P. H. T., A. Calixto, et al. (2003). "A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis." *Environmental Impact Assessment Review* 23(2): 245-255.

Bascom, R. 1996. Health Effects of Outdoor Air Pollution. *AM. J. RESPIR. CRIT. CARE MED.*, 153(1): 3-50.

Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., Pan, Y. 2006. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, 32: 815–830.

Environmental Protection Agency (EPA). 2004. Air Quality Criteria for Particulate Matter. Volume II. National Center for Environmental Assessment-RTP Office. Office of Research and Development. [EN LINEA].

Environmental Protection Agency (EPA). 2004b. The Integrated Environmental Strategies Handbook: A Resource Guide for Air Quality Planning.

Griffin, A., Kent, A., Loader, A., Martinez, C., Stedman, J., Stevenson, K., Vincent, K., Willis, P., Yardley, R., Connolly, E., & Bayley, C. 2010. Air Pollution in the UK 2009 – Edition A, A Summary of the UK's Annual Report to the EU Commission under Directives 2008/50/EC and 2004/107/EC. A report prepared by AEA for Defra and the Devolved Administrations. London.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2008. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual para la Elaboración de Planes de Gestión de la Calidad del Aire. Contrato FONADE 2062438, Bogotá.

Muñoz, N., & Behrentz, E. 2009. Compilación y Análisis de Datos Epidemiológicos en Bogotá. Tesis de Grado de Maestría, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil & Ambiental, Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana Regional (SUR), Bogotá.

Organización Panamericana de la Salud. 2003. La tabla de vida: una técnica para resumir la mortalidad y la sobrevivencia. *Boletín Epidemiológico*; 24 (4). [En línea]

Pope III, C.A., Dockery, C.A. 2006. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 56: 709–742.

Pope, C., Renlund, D., Kfoury, A., May, H. & Horne, B. 2008. Relation of heart failure hospitalization to exposure to fine particulate air pollution. *The American Journal of Cardiology*; 102 (9): 1230-1234.

Secretaría Distrital de Ambiente (SDA); Grupo de Estudio en Sostenibilidad Urbana y Regional (SUR). (2008). Definición de Elementos Técnicos para la Formulación de Políticas encaminadas al Mejoramiento de Calidad de Aire de Bogotá. Bogotá.

Secretaria Distrital de Ambiente (SDA). 2010. Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá. Parte B – Documento de trabajo. Sección 4 – Estimación de los beneficios en salud y los costos asociados al plan de reducción de la contaminación en Bogotá.

<http://peru21.pe/impres/impres/noticia/cerca-350-buses-gas-recorreran-metropolitano/2008-08-16/222014>. Última vez consultado, Agosto 2011.

[http://www.metropolitano.com.pe/metropolitano\\_metro.html](http://www.metropolitano.com.pe/metropolitano_metro.html). Última vez consultado, Agosto 2011.