

**SECCION 15**  
**Evaluación del Plan Maestro Global**  
**de Transporte Urbano**

1900

1901

1902

## 15. EVALUACION DEL PLAN MAESTRO GLOBAL DE TRANSPORTE URBANO

El Plan Maestro de Transporte Urbano, que se compone de varios proyectos/paquetes de proyectos, ha sido examinado desde varios aspectos, con el fin de comparar distintas alternativas y justificar el Plan Maestro propuesto en el curso de cada etapa de planeación del estudio:

Los principales aspectos de evaluación son:

- a) Aspectos económicos
- b) Aspectos financieros
- c) Aspectos ambientales
- d) Aspectos técnicos, etc.

Además del examen de estos distintos aspectos, se hará una evaluación final desde el punto de vista global e integral, y se determinará cuales son los paquetes de planes más recomendables para el plan maestro.

En la etapa interina, se realizó una evaluación económica sobre los 17 planes alternos de red de transporte, que se propusieron principalmente con base en consideraciones técnicas y la demanda de tráfico. El propósito de la evaluación en esta etapa no será el de juzgar la factibilidad absoluta de los proyectos propuestos, sino más bien tener un indicador relativo que sirva de base para las nuevas discusiones para evaluar los distintos componentes del Plan Maestro.

Ahora bien, la evaluación del plan maestro propuesto se realiza en este capítulo de la misma manera que la etapa interina, desde los distintos puntos de vista arriba mencionados en este capítulo.

### 15.1 Evaluación Económica

#### 15.1.1 Metodología General

El "análisis Costo/Beneficio (C/B)" se aplicó tanto a las evaluaciones de los 17 planes de red de transporte alternos como al plan maestro propuesto, desde un punto de vista económico general. Esta metodología es muy corriente en estos casos, y en la Figura 15.1-1 se ilustra un diagrama general de trabajo del análisis costo/beneficio.

El costo y el beneficio, que resultarían de la ejecución de los comparados entre los casos 'con proyecto' y 'sin proyecto'.

Se analizan algunos factores cuantificables, como las reducciones del costo de operación de los vehículos (VOC), costo de tiempo de viaje (TTC), etc., como beneficios que se derivarán de un proyecto y que contribuirán a la economía nacional/regional. Por otra parte, el costo corresponde a la expresión monetaria del consumo real de bienes y servicios para ejecutar el proyecto. Por lo tanto, todos los costos de transferencia, como los impuestos y los subsidios, serán deducidos del costo y del beneficio.

#### 15.1.2 Beneficios Económicos

De la ejecución de los Proyectos de Mejora del transporte urbano cabe esperar una gran variedad de beneficios, tanto directos como indirectos. Por ejemplo, la mitigación de la congestión del tráfico y la mejora de la velocidad de viaje son dos beneficios directos importantes, pero también se

reconocen otros beneficios, como son el mejoramiento de la accesibilidad, la seguridad y la comodidad para los usuarios del transporte urbano y demás, el fomento del potencial de desarrollo urbano.

Sin embargo, en este estudio se examinan dos clases de beneficios cuantificables que se sabe definitivamente que existen y que se estudian para fines de cuantificación. A saber, los ahorros en el costo de operación de los vehículos (VOC) y los ahorros en el costo del tiempo de viaje de los pasajeros (TTC).

Los beneficios del proyecto se miden mediante la comparación entre los denominados casos 'con proyecto' y 'sin proyecto'. Con base en los resultados de la asignación futura del tráfico a ambas redes de transporte, con proyectos (es decir, con mejora) y sin proyectos (sin hacer nada), se calcula y se compara el total del VOC y del TTC en cada caso. Y el beneficio de los proyectos se obtiene como la diferencia entre los dos casos: los ahorros de costos = costo total del caso 'sin' menos (-) el caso 'con'.

Para este cálculo, se examinan generalmente los costos unitarios de VOC y de TTC.

- a) VOC: Costo de operación del vehículo por unidad de distancia y por unidad de tiempo por tipo de vehículo; y
- b) TTC: Costo de tiempo de viaje por unidad de tiempo por pasajero por propósito de viaje.

Estos costos se expresan en función de la velocidad de viaje y, el costo total de transporte se obtiene de la suma de los VOC y de los TTC en cada unión de la red de transporte, donde se calcula la velocidad de viaje con referencia al volumen del tráfico asignado/estimado. Como ejemplo del análisis del costo unitario, el procedimiento se resume así:

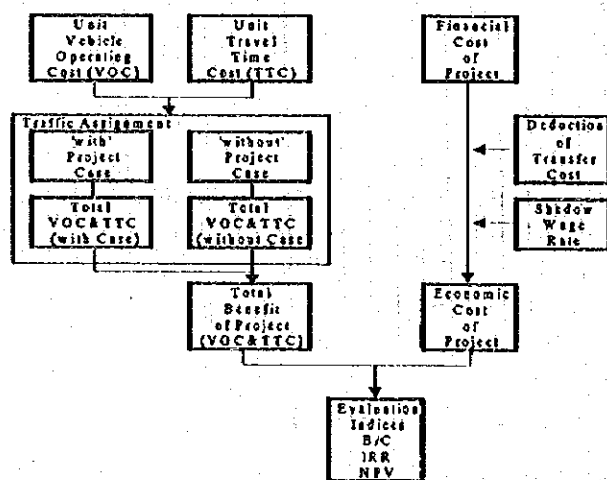


Figura 15.1-1 Flujo de Trabajo Total del Análisis Costo/Beneficio

### (I) Costo de Operación de Vehículos

Este costo constituye la principal fuente de beneficios económicos de un proyecto de transporte y se calcula según el tipo de vehículo, por ejemplo, vehículos para pasajeros, taxis, buseras, buses, camión liviano y camión pesado. El VOC se compone generalmente de los siguientes elementos:

- a) Costo de combustible,
- b) costo de aceite,
- c) costo de llantas,

- d) Costo de mantenimiento,
- e) Costo de depreciación,
- f) Costo de oportunidad de capital, y
- g) Costo de tripulación y gastos generales.

1) Selección del vehículo representativo

Las marcas y modelos de los vehículos que funcionan actualmente en el área de estudio son muy numerosos, y los VOC unitarios varían según las marcas y modelos, como también según la edad del vehículo. Para fines del análisis se selecciona uno de los modelos más populares como vehículos representativos y se examinan sus VOC.

Se calcula el costo económico de cada vehículo representativo; el costo financiero (precio comercial) menos impuestos, junto con algunas características necesarias, como tipo de llantas, tipo de combustible, vida del vehículo, etc.

**Tabla 15.1-1 Características de los Vehículos Representativos**

	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
1. Representativa Model	Mazda 323NX	Chevrolet Chevette	International 1652 4x2	Chevrolet 4700 DT	Chevrolet Luv 4x4	International 4700 DT
2. Cost (000\$)						
1) Financial	17,734	12,666	35,500	43,500	22,215	52,950
2) Economic*	11,740	10,920	30,600	37,500	19,150	45,650
3. No. of Tires	4	4	6	6	4	6
4. Fuel Type	Gasoline	Gasoline	Diesel	Diesel	Gasoline/Diesel	Gasoline/Diesel
Note: * = excluding IVA (value added tax), Import duty, etc.						
Import Duty	35%	0	0	0	0	0
IVA	16%	16%	16%	16%	16%	16%

2) Costo del Combustible

El precio del combustible se calcula como parte del costo económico, de acuerdo con el tipo de combustible, como por ejemplo gasolina corriente, gasolina premium, diesel, LPG, etc., deduciendo los impuestos de los precios comerciales. Como la tasa de consumo de combustible depende de la velocidad de viaje del vehículo, se calcula el costo del combustible por kilómetro en cada nivel de velocidad de viaje, con base en la tasa de consumo de combustible por cada tipo de vehículo.

**Tabla 15.1-2(1) Costo de Combustible, 1996**

Type of Fuel Cost	(\$/liter)			
	Regular Gasoline	Super Gasoline	Diesel	Liquid Propane Gas
Financial Cost	272	363	240	148
Tax (%)	32 (13)	42 (13)	0	0
Economic Cost	240	321	240	148

**Tabla 15.1-2 (2) Composición de los Combustibles y Costo Promedio del Combustible por Tipo de Vehículo**

Type of Vehicle	Type of Fuel	Regular Gasoline	Super Gasoline	Diesel	LPG	Average Fuel Cost (Economic: \$/liter)
Car		55	45	-	-	276.5
Taxi		80	-	20	-	240.0
Buseta		20	-	80	-	240.0
Bus		20	-	80	-	228.1
Light Truck		80	-	20	-	240.0
Truck		50	-	50	-	228.1

**Tabla 15.1-2 (3) Consumo de Combustible por Tipo de Vehículo**

Speed (km/hr)	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
<b>Fuel Consumption Rate (liter/1,000Km)</b>						
5	216.6	216.6	337.2	672.7	605.2	1,210.4
10	138.6	138.6	215.8	430.4	387.3	774.5
20	100.2	100.2	156.0	311.2	280.0	560.0
30	87.0	87.0	122.2	284.2	235.0	472.0
40	80.2	80.2	107.9	264.5	225.0	342.0
50	78.4	78.4	101.4	284.2	220.0	314.0
60	81.0	81.0	97.5	326.1	225.0	303.0
70	85.7	85.7	98.2	380.9	230.0	314.0
80	92.7	92.7	102.0	438.1	250.0	340.0
90	102.4	102.4	112.7	483.9	276.2	375.6
<b>Fuel Cost (\$/Km)</b>						
5	59.9	52.0	80.9	153.4	145.2	276.1
10	38.3	33.3	51.8	98.2	93.0	176.7
20	27.7	24.0	37.4	71.0	67.2	127.7
30	24.1	20.9	29.3	64.8	56.4	94.0
40	22.2	19.2	25.9	60.3	54.0	78.0
50	21.7	18.8	24.3	64.8	52.8	71.6
60	22.4	19.4	23.4	74.4	54.0	69.1
70	23.7	20.6	23.6	86.9	55.2	71.6
80	25.6	22.2	24.5	99.9	60.0	77.6
90	28.3	24.6	27.0	110.4	66.3	85.7

3) Costo del Aceite

El costo del aceite lubricante, como precio económico, también se calcula de la misma manera que el costo del combustible.

**Tabla 15.1-3 Consumo de Aceite por Tipo de Vehículo**

Speed	Car & Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
<b>Oil Consumption Rate (liter/1,000Km)</b>					
5	3.48	4.10	8.01	6.88	8.01
10	2.24	2.63	5.14	4.40	5.14
20	1.54	1.81	3.54	3.03	3.54
30	1.27	1.49	2.92	2.50	2.92
40	1.13	1.33	2.68	2.22	2.68
50	1.10	1.29	2.58	2.08	2.58
60	1.09	1.28	2.38	1.80	2.38
70	1.07	1.26	2.14	1.88	2.14
80	1.00	1.18	1.87	1.52	1.87
90	0.90	1.06	1.68	1.37	1.68
<b>Oil Cost (\$/Km)</b>					
5	7.8	9.0	17.5	15.0	17.5
10	4.9	5.8	11.3	9.6	11.3
20	3.4	4.0	7.8	6.8	7.8
30	2.8	3.3	6.4	5.5	6.4
40	2.5	2.9	5.9	4.9	5.9
50	2.4	2.8	5.7	4.8	5.7
60	2.4	2.8	5.2	3.9	5.2
70	2.3	2.8	4.7	3.7	4.7
80	2.2	2.6	4.1	3.3	4.1
90	2.0	2.3	3.7	3.0	3.7

4) Costo de las llantas

El costo de las llantas se calcula como una de las partes consumibles más representativas de los vehículos. Como también depende de la velocidad de viaje, la vida promedio de las llantas y el estado de la superficie de las vías, el cálculo se hace basándose en una tasa experiencial de consumo, de acuerdo con la velocidad de viaje.

5) Costo de Mantenimiento

La tasa del costo de mantenimiento anual en relación con el precio del vehículo (sin contar el precio de las llantas), se asume basándose en la experiencia, mientras que el costo de mantenimiento por kilómetro puede calcularse teniendo en cuenta el recorrido anual del vehículo.

Tabla 15.1-4 Costo de las Llantas

Tire Cost						
Items	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
No. of Tires	4	4	6	6	6	6
Type of Tire	175-70R13	175-70/13	750-16	900-20 1000-20	750-16	900-200
Market Price (\$/unit)	103,200	68,800	119,500	297,500	119,500	226,600
Tax 16%						
Economic Cost (\$/set)	355,862	237,241	412,069	1,025,862	618,103	781,379
	356	237	412	1026	618	781
Tire Consumption Rate and Tire Cost						
	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
Tire Life (Kilometers)	45,000	45,000	45,000	50,000	45,000	50,000
Tire Consumption Rate (% per 1,000Km)	8.9	8.9	13.3	12.0	13.3	12.0
Tire Cost at Av. speed	7.918	5.279	9.134	20.517	13.701	15.628
Tire Consumption Indices (56Km/h=100)						
Speed (Km/h)						
5	53	53	53	53	53	53
10	56	56	56	56	56	56
20	60	60	60	60	60	60
30	67	67	67	67	67	67
40	78	78	78	78	78	78
50	92	92	92	92	92	92
60	107	107	107	107	107	107
70	125	125	125	125	125	125
80	151	151	151	151	151	151
90	180	180	180	180	180	180
Tire Cost						
5	4.2	2.8	4.8	10.9	7.3	8.3
10	4.4	3.0	5.1	11.5	7.7	8.8
20	4.8	3.2	5.5	12.3	8.2	9.4
30	5.3	3.5	6.1	13.7	9.2	10.5
40	6.2	4.1	7.1	16.0	10.7	12.2
50	7.3	4.9	8.4	18.9	12.6	14.4
60	8.5	5.6	9.8	22.0	14.7	16.7
70	9.9	6.6	11.4	25.7	17.1	19.5
80	12.0	8.0	13.8	31.0	20.7	23.6
90	14.3	9.5	16.4	36.9	24.7	28.1

**Tabla 15.1-5 Costo de Mantenimiento por Tipo de Vehículo**

	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
Economic Cost (000\$) of Vehicle	11,740	10,920	30,600	37,500	19,150	45,650
A Set of Tires	356	237	412	903	412	781
Vehicle w/o Tires	11,384	10,683	30,188	36,597	18,738	44,869
Annual Maintenance Cost						
% of Vehicle Cost	4.0	8.0	8.0	8.0	4.0	8.0
Maintenance Cost /year	455.4	854.6	2,415.0	2,927.7	749.5	3,589.5
Annual Kilometerage	23,000	60,000	52,000	52,000	30,000	75,000
Average Speed (Km/h)	35	35	20	20	35	40
Maintenance Cost at Average Speed (\$/Km)	19.8	14.2	46.4	56.3	25.0	47.9
Maintenance Cost Indices (Av. Speed=100)						
5	141	141	119	128	138	191
10	133	133	112	118	130	176
20	118	118	100	100	116	149
30	105	105	89	80	103	120
40	95	95	84	67	97	100
50	94	94	83	65	96	97
60	100	100	89	71	103	105
70	108	108	95	79	110	117
80	115	115	101	90	117	134
90	122	122	107	101	124	150
Maintenance Cost (\$/Km)						
5	27.9	20.0	55.2	72.1	34.5	91.5
10	26.3	18.9	52.0	66.4	32.5	84.3
20	23.4	16.8	46.4	56.3	29.0	71.4
30	20.8	14.9	41.3	45.0	25.8	57.5
40	18.8	13.5	39.0	37.7	24.3	47.9
50	18.6	13.3	38.5	36.6	24.0	46.5
60	19.8	14.2	41.3	40.0	25.8	50.3
70	21.4	15.3	44.1	44.5	27.5	56.0
80	22.8	16.3	46.9	50.7	29.3	64.2
90	24.2	17.3	49.6	56.9	31.0	71.9

**6) Costo de depreciación**

El costo de depreciación del vehículo se define como el costo económico del vehículo menos el costo de salvamento, después de que se calcule el período de vida del vehículo y el valor de salvamento en las condiciones locales. Este monto también se divide en dos: depreciación con sujeción al uso y con sujeción al tiempo.



Tabla 15.1-6 Costo de Depreciación por Tipo de Vehículo

	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
Economic Cost (1,000\$) of Vehicle						
A Set of Tires						
Vehicle w/o Tires	11,384	10,683	30,183	36,597	18,738	44,869
Salvage Value (%)	25	15	15	15	20	15
Annual Kilometerage	23,000	60,000	52,000	52,000	30,000	75,000
Average Speed (Km/h)	35	35	20	20	35	40
Vehicle Life (year)	12	12	10	12	12	12
Depreciable Amount (1,000\$)						
Dep. subject to use	4,269	6,356	17,962	21,775	10,493	26,697
Dep. subject to time	4,193	2,724	7,698	9,332	4,497	11,441
<b>Total</b>	<b>8,538</b>	<b>9,080</b>	<b>25,660</b>	<b>31,107</b>	<b>14,990</b>	<b>38,138</b>
	15.46737871	8.828113027	34.54195955	34.89575044	29.14789272	29.66314368
Indices for Depreciation Cost subject to Use (Av. Speed=100)						
5	131	131	114	121	129	168
10	125	125	109	114	123	157
20	114	114	100	100	112	137
30	104	104	92	85	102	115
40	96	96	88	75	98	100
50	96	96	87	74	97	98
60	100	100	92	78	102	104
70	106	106	96	84	108	113
80	111	111	101	92	113	125
90	116	116	105	101	118	138
Depreciation Cost subject to Use (\$/Km)						
5	20.3	11.6	39.4	42.2	37.6	49.8
10	19.3	11.0	37.6	39.8	35.9	46.6
20	17.6	10.1	34.5	34.9	32.6	40.6
30	16.1	9.2	31.8	29.7	29.7	34.1
40	14.9	8.5	30.4	26.2	28.6	29.7
50	14.9	8.5	30.0	25.8	28.3	29.1
60	15.5	8.8	31.8	27.2	29.7	30.8
70	16.4	9.4	33.2	29.3	31.5	33.5
80	17.2	9.8	34.9	32.1	32.9	37.1
90	17.9	10.2	36.3	35.2	34.4	40.9
Depreciation Cost subject to Time (\$/day)						
	957	622	2,109	2,131	1,027	2,612

## 7) Costo de oportunidad del capital

Este costo no es afectado por el uso sino a medida que el tiempo pasa, y se determina de acuerdo con el precio del vehículo, el periodo de vida del vehículo, la tasa de valor de salvamento y el tipo de interés.

**Tabla 15.1-7 Costo de Oportunidad del Capital por Tipo de Vehículo**

	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
Capital Cost (1,000\$)						
Economic Cost of Vehicle	11,740	10,920	30,600	37,500	19,150	45,650
Salvage Value (%)	25	15	15	15	20	15
Vehicle Life (year)	12	12	10	12	12	12
Capital Recovery Factor at 12% of Interest Rate	0.1614	0.1614	0.1770	0.1614	0.1614	0.1614
Capital Opportunity Cost (\$/day)	794.9937 2,178	784.6748 2,150	2002.7700 5,487	2694.6250 7,383	1336.4147 3,661	3280.2568 8,987

8) Costo de la tripulación y gastos generales

Este costo también se afecta únicamente según el tiempo, y se compone de los salarios de los conductores de taxi, bus y camión, y sus gastos generales.

**Tabla 15.1-8 Costo de Tripulación y Gastos Generales por Tipo de Vehículo**

	Car	Taxi	Buseta	Bus	Light Truck	Truck
Annual Crew and Overhead Cost (1,000\$/year)						
Crew Cost	-	5,040	4,200	4,560	-	7,200
Overhead Cost	-	1,560	3,360	4,800	-	5,400
Total	-	6,600	7,560	9,360	-	12,600
Daily Cost (\$/day)						
Crew Cost	-	13,808	11,507	12,493	-	19,726
Overhead Cost	-	4,274	9,205	13,151	-	14,795
Total	-	18,082	20,712	25,644	-	34,521

Por último, se obtienen las economías de operación por unidad, en las dos categorías: el costo relacionado con la distancia y el costo relacionado con el tiempo, como resultado de la agregación de cada uno de los factores arriba explicados.

**Tabla 15.1-9 Costo de Operación del Vehículo, 1996**

(1) VOC subject to use, Modified Vehicle Type

km/hr	(per Vehicle; \$/km)			
	Car	Taxi	Bus	Truck
5	119.9	94.0	228.6	375.4
10	93.3	71.0	179.8	277.9
20	76.8	57.4	147.8	219.1
30	69.0	51.3	129.4	177.1
40	64.5	47.8	120.3	158.5
50	64.8	47.9	121.6	152.2
60	68.5	50.5	131.0	157.5
70	73.7	54.2	142.9	168.6
80	79.7	58.5	157.6	186.4
90	86.6	63.6	172.6	206.6

(2) VOC subject to time, (per Vehicle; \$/day)

	Car	Taxi	Bus	Truck
Depreciation	957	622	2,117	2,084
Capital Opportunity Cost	2,178	2,150	6,183	7,212
Crew & Overhead Cost	-	18,082	22,523	34,521
Total (\$/day)	3,135	20,854	30,823	43,817
(\$/hr)	131	869	1,284	1,826
(\$/hr)	5.4	36.2	53.5	76.1

**(2) Costo de Tiempo de Viaje**

En general, el valor del tiempo de viaje se define basándose en su productividad. El valor del tiempo de la gente en el Area del Estudio se calcula utilizando los datos de los ingresos por vivienda obtenidos en la encuesta de viajes personales.

En este estudio, se analiza de acuerdo con la propiedad de vehículos, propósito del viaje, etc., y el costo futuro se calcula de acuerdo con el crecimiento estimativo per cápita (PIB). En los tablas a continuación se resumen el proceso y los resultados:

**Tabla 15.1-10 Ingreso por Hora Actuales y Valor del Tiempo de Viaje**

Hourly Income By Car Ownership				
Car Ownership	Family Income (\$/month)	No. of Earners (person/HH)	Working Hours (hours/month)	Hourly Income (\$/hr/person)
Car Owning (29.6%)	923,518	2.0	160	2,886
Non-car Owning (70.6%)	353,023	1.8	160	1,226
Average	521,914	1.9	160	1,717

Working Hours = 8hrs/day x (5/7 x 30 - 18holidays/12 month)

Travel Time Value			
	Car Users	P.T. Passenger	Average
<b>1. per Person</b>			
1) Hourly Income	2,886	1,226	1,717
2) Time Value (\$/hr)			
(1) Business Trip (1.0 <sup>4</sup> )	2,886	1,226	1,717
(2) School Trip (0.0 <sup>4</sup> )	0	0	0
(3) Other Trip (0.2 <sup>4</sup> )	577	245	343
<b>3) Trip Composition (%)</b>			
(1) Business Trip	7.5	5.7	6.4
(2) School Trip	14.6	11.8	12.7
(3) Other Trip	77.9	82.5	80.9
(4) Total	100.0	100.0	100.0
<b>4) Weighted Average</b>			
Travel Time Value	666	272	388
<b>2. per Vehicle</b>			
(1) Average Occupancy	1.66	21.46	
(2) Time Value per Vehicle	1,106	5,840	

\*: En base a los resultados de JICA 1992 estudio de Cartagena estimados de acuerdo al valor tiempo por proposito de viaje.

**Tabla 15.1-11 Costo del Tiempo de Viaje**

Travel Time Cost ¥ Year	(\$)			
	1995	2000	2010	2020
<b>1. per Person</b>				
1) Car & Taxi Users	666	779	1,066	1,659
2) Public Transport Users	272	341	498	824
<b>2. per Vehicle</b>				
1) Car & Taxi Users	1,106	1,294	1,769	2,753
2) Public Transport Users	5,840	7,318	10,687	17,683

**15.1.3 Costo Económico de los Proyectos Propuestos**

Como las inversiones de cada proyecto de transporte de se calculan primero de acuerdo con el precio comercial, o costo financiero, es necesario convertirlas al costo económico, con el fin de compararlas con el beneficio económico. Los principales procesos de conversión del costo financiero al costo económico son:

Sección 15: Evaluación Del Plan Maestro Global De Transporte Urbano

- a) Descomposición del costo de construcción en tres partidas: costo del material, costo del equipo y costo de la mano de obra.
- b) Deducción de impuestos como derechos de importación, el impuesto de valor agregado y el impuesto al consumo, que se sacan de los costos de los materiales y del equipo.
- c) Aplicación de la tasa salarial de sombra (shadow wage rate), si es necesario.
- d) Adición del costo de adquisición de la tierra, en caso de que el proyecto contenga terrenos de propiedad pública que no estén incluidos en el precio comercial.
- e) Necesidad de tener en cuenta costos imprevistos en vista de la futura inflación.

En el Tabla 15.1-12 aparece un resumen de las tasas de las tarifas relacionadas con el plan maestro, para efectos de referencia. Se han analizado algunos de los derechos de importación desde 1996, y la tasa del impuesto del valor agregado (IVA), también aumentó del 14 al 16% en 1996.

**Tabla 15.1-12 Tarifas de los Principales Bienes Relacionados con el Plan Maestro, 1996**

1. Motor Vehicle			
Type of Vehicle		Import Duty	I.V.A.
1) Passenger Car		(%)	(%)
a) less than & 1,400cc		20	16
b) 1,400 - 1,800cc		35	16
c) 1,800 over / less \$35million		45	16
d) \$35million & over		60	16
2) Taxi		16	16
3) Bus (public)		16	16
4) Truck		16 / 35 / 45	16
5) Others		16 / 20 / 35	16
2. Rolling stock, signal, others for railway			
Code	Type of Goods	Import Duty	I.V.A.
8601/02	Loco	5%	16%
8603/04	Automotor, motor car	5	16
8605	Coach	5	16
8606	Wagon	20	16
8607	Parts for vehicle	5	16
8608	Electrical & Mechanical Equip.	15	16
3. Construction Machinery			
Code	Type of Goods	Import Duty	I.V.A.
8704	Grader-truck	15 / 35%	16%
8705	Crane-truck	15	16
8706-08	Parts for the above	5 / 15	16
8426	Crane, crane bridge	5 / 10 / 15	16
8429/30	Bulldozer	5 / 10	16
8454/57	Machine to transform iron/steel	5	16
8459	Drill machine	5	16
8462/63	Machine for iron/steel work	5 / 10	16
8474	Mixer,	5 / 10 / 15	16
8483	Crusher	5 / 10 / 15	16
8485	Parts for the above	5 / 15	16
4. Construction Material			
Code	Type of Goods	Import Duty	I.V.A.
6810	Cement, stone	15%	16%
6811	Asbestos	15	16
6815	Stone and others	15	16
7208/09	Steel/iron plate	5/10	16
7210/11	Steel/iron products	5 / 10 / 15	16
7213/17	Steel/iron wire	5 / 10 / 15	16
7216	Iron/steel ornaments	10	16
7302	Iron rail, bar	5 / 10 / 15	16
7303/04	Steel/iron tube	5 / 15	16
7307	Accessories	5 / 15	16
7308	Constructions and parts	15	16
7312	Steel/iron wire for electric use	5 / 10 / 15	16
7315	Chain	15	16

Como este no es un estudio de factibilidad sino un estudio de un plan maestro, es posible que no se necesite emprender estudios detallados sobre una estimación de costos económicos, guardando consecuencia en la precisión de los cálculos de los costos. En caso de los proyectos urbanos en América Latina, el costo económico de cada proyecto es de generalmente 80 - 96% de su costo financiero. Por último, se calcula el costo económico total de los proyectos del plan maestro, agregando los costos de operación/mantenimiento necesarios y, teniendo en cuenta las diferentes condiciones mencionadas anteriormente.

#### 15.1.4 Análisis Costo-Beneficio

Las utilidades anuales calculadas para el periodo de vida del proyecto, se comparan con el costo de inversión en términos de flujo de caja. Como resultado de este análisis, se calculan tres índices, a saber, la relación costo-beneficio (C/B), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento económico (EIRE), de acuerdo con cierta tasa de descuento (en el caso de este estudio, se aplica el 12% anual).

##### (1) El Plan Maestro en su Totalidad

Se necesitará una suma total de 9.706 billones de pesos para realizar todos los proyectos del plan maestro y para mantenerlos, según el costo económico, a los precios de 1996. Estos proyectos se componen de proyectos de manejo del tráfico, troncales de buses, tránsito masivo, terminales, mejora de vías existentes, construcción de nuevas vías y vías expresas urbanas. Además se ejecutarían entre 1997 y el año 2020. Una vez que hayan sido terminados todos los proyectos, el costo de viaje total (Costo operacional y Tiempo de viaje) ascendería a 7.400 billones de pesos (a los precios de 1996) en el año 2020. Sin embargo, si la red de transporte actual permanece como está, sin ningún proyecto, ese valor sería de 18.260 billones de pesos. Por lo tanto, el beneficio económico en el año 2020, que se derivará del plan maestro, se calcula en 10.860 billones de pesos. De esta suma, el 26% se atribuye a economías en costos de operación y el 74% a economías de tiempo de viaje.

El flujo de caja anual (costo-beneficio) se analiza durante el periodo de vida del plan maestro/proyecto, como aparece en el Tabla 15.1-13. De acuerdo con la tasa de descuento del 12%, la relación costo-beneficio (C/B) es de 5,33 y el valor actual neto es de 12.100 billones de pesos, lo cual asegura un rendimiento económico bastante alto para el plan maestro. La tasa interna económica de rendimiento es también alta: 42,40%

Si se calcula el beneficio únicamente de acuerdo con las economías de operación, sin las economías de costo de tiempo de viaje, ambos indicadores de evaluación económica resultan menores que el caso de base, porque las economías de operación ocupan únicamente la cuarta parte del beneficio total; la relación costo-beneficio es de 1,24 y la tasa interna económica de rendimiento del 14,25%. Esto indica que el plan maestro propuesto contribuirá significativamente a reducir la congestión de tráfico en Bogotá, aunque la factibilidad económica del plan maestro sea todavía muy poco factible.

Existen factores inciertos en este examen de factibilidad económica del plan maestro, tales como condición para el pronóstico de la demanda de tráfico, estimación sobre los costos de construcción y mantenimiento de los proyectos, programas de ejecución, etc. Además, existirían otros beneficios tangibles para tener un efecto directo/indirecto sobre la factibilidad del proyecto. Por lo tanto, se lleva a cabo un análisis sensible, teniendo en cuenta la gama considerable general de incógnitas de la manera siguiente;

- a) Variación de beneficio: - 15% a + 10% en relación con el caso base, y
- b) Variación de costo: - 10% a + 20% en relación con el caso de base

Sección 15: Evaluación Del Plan Maestro Global De Transporte Urbano

Los resultados están tabulados en el Tabla 15.1-14, donde puede apreciarse cómo el plan maestro propuesto es económicamente bastante factible incluso en las peores condiciones: beneficio = - 15%, costo = + 20%.

Tabla 15.1-13 Análisis Costo-Beneficio del Plan Maestro Total

Year	Cost			Benefit			Cash Flow	
	Investment	O/M	Total	VOC	TTC	Total	VOC+TTC	only VOC
1996	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	196	0	196	0	0	0	-196	-196
1998	349	0	349	17	68	84	-265	-332
1999	422	0	422	33	136	169	-253	-389
2000	478	0	478	66	271	337	-141	-412
2001	343	0	343	132	543	675	332	-211
2002	245	54	298	151	609	760	462	-147
2003	205	54	259	172	683	855	596	-87
2004	220	54	274	196	767	963	689	-78
2005	233	54	287	224	860	1,085	798	-63
2006	225	54	279	256	966	1,221	942	-23
2007	299	54	353	292	1,083	1,375	1,022	-61
2008	253	54	307	333	1,216	1,549	1,242	-26
2009	338	54	392	380	1,364	1,745	1,353	-12
2010	345	54	399	496	1,718	2,214	1,815	-97
2011	360	137	498	589	2,006	2,595	2,097	-91
2012	311	137	448	700	2,341	3,042	2,594	-252
2013	339	137	476	833	2,733	3,566	3,090	-357
2014	337	137	474	990	3,190	4,180	3,706	-516
2015	334	137	471	1,176	3,724	4,900	4,429	-706
2016	359	137	496	1,398	4,347	5,745	5,249	-902
2017	379	137	516	1,662	5,074	6,736	6,220	-1,146
2018	379	137	516	1,975	5,923	7,898	7,382	-1,459
2019	432	137	569	2,348	6,914	9,262	8,693	-1,779
2020	470	137	607	2,791	8,066	10,857	10,250	-2,184
2021	0	268	268	2,875	8,308	11,183	10,915	-2,607
2022	0	268	268	2,961	8,557	11,518	11,250	-2,693
2023	0	268	268	3,050	8,814	11,864	11,596	-2,782
2024	0	268	268	3,141	9,078	12,220	11,952	-2,873
2025	0	268	268	3,236	9,351	12,586	12,318	-2,968
2026	0	268	268	3,333	9,631	12,964	12,696	-3,065
2027	0	268	268	3,433	9,920	13,353	13,085	-3,165
2028	0	268	268	3,536	10,218	13,753	13,485	-3,268
2029	0	268	268	3,642	10,524	14,166	13,898	-3,374
2030	0	268	268	3,751	10,840	14,591	14,323	-3,483
Residual			-3,002				3,002	3,002
Total	7,851	4,536	12,387	50,166	149,844	200,009	190,625	49,781
							EIRR	42.40
							B/C	5.33
							NPV	12,100

Tabla 15.1-14 Resumen del Análisis de Sensibilidad

Ratio of EIRR to Base Case

Benefit	Cost	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
		10%	1.19	1.13	1.10	1.05	1.00	0.96
5%	1.14	1.08	1.05	1.00	0.98	0.94	0.91	
0%	1.10	1.05	1.00	1.00	0.95	0.93	0.90	
-5%	1.05	1.00	0.96	0.93	0.89	0.87	0.83	
-10%	1.00	0.96	0.93	0.89	0.85	0.83	0.80	
-15%	0.95	0.92	0.88	0.84	0.82	0.79	0.77	

**(2) Grupo de Proyecto por Etapas de Ejecución**

El plan maestro propuesto consiste de varios paquetes de proyectos en tres etapas, tales como de corto plazo, medio plazo y largo plazo. La factibilidad económica de las tres alternativas por período de ejecución se compara de la manera siguiente:

Aunque cada alternativa indica una factibilidad económica a cierta extensión, el paquete de corto plazo revela mejor efectividad que los otros en comparación con EIRR y B/C. Esto revela que el programa de inversión propuesto es razonable desde un punto de vista económico.

**Tabla 15.1-15 Análisis Económico Comparativo por Etapas**

	Economic Cost (in 1996)	EIRR (%)	B/C	NPV
Short-term (1997 - 2001)	US\$ mil. 1,512.0	43.6	4.97	US\$ mil. 5,813
Mid-term (2002 - 2010)	1,454.0	20.0	3.55	2,651
Long-term (2011 - 2020)	4,887.0	13.5	1.16	68

## 15.2 Evaluación Financiera

La evaluación económica del plan maestro planteada en la sección 15.1 resultó estar en una situación bastante factible en general. En esta sección se realizan otras evaluaciones desde el punto de vista financiero.

- desde el punto de vista del marco de inversión en el sector público y,
- desde el punto de vista de las utilidades y los gastos en los proyectos provistos de ingresos.

### 15.2.1 Marco de Inversión

En general, la mayoría de los proyectos propuestos en el Plan Maestro, pueden ser financiados mediante inversiones públicas o mixtas, con excepción de algunos proyectos privatizados. Para efectos de este análisis quizá sea útil suministrar alguna información sobre el análisis del presupuesto del sector público, tanto del plan pasado como del futuro.

#### (I) Estado Actual de las Finanzas Públicas para la Inversión en Transporte

En los tablas a continuación se esbozan las inversiones públicas para el sector del transporte en la ciudad de Santafé de Bogotá:

De acuerdo con la asignación presupuestal general de 1995 y 1996, el sector de vías y transporte es del 7% y 9% respectivamente, del presupuesto total de \$3.020 y de \$ 4.080 billones. Esta suma incluye los gastos administrativos/operacionales, así como las inversiones.

En cambio, otros datos sobre el presupuesto de inversión en Bogotá revelan que el valor total para el sector de infraestructura fue \$40 a \$ 150 billones, de 1992 a 1995(Tabla 152-2).

Además, durante el periodo del plan de 1995 a 1998, en el plan general de desarrollo de la ciudad, denominada 'Formar Ciudad', se asignaron \$ 118 mil millones para 1995, \$ 231 mil millones para 1996, \$ 304 mil millones para 1997 y \$ 496 mil millones para 1998, respectivamente. Esto significa que debido a su importancia, en este sector se espera invertir anualmente de dos a tres veces esas sumas.

Tabla 15.2-1 Asignaciones de Presupuesto General por Sector, 1995 y 1996

Sector	1995 mil.\$	share	1996 (Proposed) mil.\$		96/95 (%)
1. Health	370,462.7	12.3%	403,663.4	9.9%	16.3
2. Education	125,276.7	4.2%	220,204.7	5.4%	75.8
3. Social Promotion	99,515.9	3.3%	111,330.0	2.7%	11.9
4. Housing & Development	36,477.0	1.2%	39,599.9	1.0%	8.6
5. Culture, Recreation & Sports	43,807.1	1.5%	60,716.30	1.5%	38.6
6. Security & Guard	44,858.4	1.5%	98,307.7	2.4%	119.2
7. Local Development	19,429.1	0.6%	98,832.6	2.4%	408.7
8. Public Service	1,545,132.2	51.2%	2,006,472.8	49.1%	29.9
9. Transport & Road	198,832.9	6.6%	345,322.8	8.5%	73.7
10. Institutional Support	467,395.3	15.5%	594,046.3	14.5%	27.1
11. Town Council & Control Org.	64,934.2	2.2%	78,733.0	1.9%	21.3
<b>Total</b>	<b>3,016,121.7</b>	<b>100.0%</b>	<b>4,084,229.5</b>	<b>100.0%</b>	<b>35.4</b>



Tabla 15.2-2 Asignación del Presupuesto de Inversión por Sector, 1992 a 1995

Sector	Year	(in constant price of 1994)							
		1992 million \$	(%)	1993 million \$	(%)	1994 million \$	(%)	1995* million \$	(%)
Admini. & Management		93,106	44.8	132,314	37.5	147,167	30.6	169,062	32.4
Social		38,786	28.3	100,560	28.6	187,230	39.0	259,528	49.8
Health		10,406	5.0	43,555	12.3	61,404	12.3	120,261	23.1
Education		7,604	3.7	9,723	2.8	48,281	10.0	57,017	10.9
Others		40,776	19.6	47,582	13.5	77,545	16.1	82,250	15.8
Infrastructure		55,705	26.8	119,624	33.9	146,239	30.4	92,764	17.8
IDU		24,489		53,101		103,921		54,849	
SOP		7,696		6,434		6,077		5,932	
FOSOP		16,756		52,447		31,741		19,309	
SIT		0		0		0		174	
FONDAIT		6,765		7,643		4,500		12,500	
<b>Total</b>		<b>207,597</b>	<b>100.0</b>	<b>352,799</b>	<b>100.0</b>	<b>450,637</b>	<b>100.0</b>	<b>521,354</b>	<b>100.0</b>

Note 1: Excluding Public Service Sector

Note 2: \* = Estimated

Source: Bogotá City, Alcaldía Mayor; Secretaría de Hacienda

Tabla 15.2-3 Asignación Presupuestal para el Sector de Transporte en 'Formar Ciudad'

Programa	Organizatio	(\$ million)					Total
		1995	1996	1997	1998		
Highways	IDU	21,600	28,320	62,015	97,270	209,205	
Major Roads		37,500	65,851	78,375	102,517	284,243	
Access to Malla Rd.	IDU	19,320	35,164	44,781	67,637	166,902	
Public space, Bus-stop, etc.	IDU	5,500	12,980	12,213	7,599	38,292	
Access to Malla Rd.	SOP-FOSOP	11,530	14,160	16,284	27,281	69,255	
Public space,	SOP-FOSOP	1,150	3,547	5,097	0	9,794	
Road Maintenance	SOP-FOSOP	25,825	49,850	67,564	21,504	164,743	
Public Transport		29,293	62,942	40,198	272,076	404,509	
Terminal	SHB	1,000	1,770	2,714	4,560	10,044	
Metro-bus, Metro, etc.	IDU	12,655	47,790	22,612	253,160	336,216	
Bus-stop, Road sign	FONDAIT	6,350	6,538	6,459	4,173	23,521	
Traffic signal	ETB	9,288	6,844	8,413	10,183	34,728	
Mitigation of Traffic Congestion in Peripheral Area	IDU	0	22,097	52,923	3,035	78,055	
Study & Design	IDU	3,500	2,360	3,121	0	8,981	
<b>Grand Total</b>		<b>117,718</b>	<b>231,420</b>	<b>304,196</b>	<b>496,403</b>	<b>1,149,737</b>	

**(2) Inversiones Requeridas para el Plan Maestro**

De acuerdo con el plan maestro propuesto por el Estudio de la JICA, se necesita un total de \$9.240.000 millones, (en precios de 1996), como inversión directa para la ejecución de todos los proyectos propuestos. Para el plan de corto plazo se necesitan \$2.105.000 millones (5 años: 1997-2001); \$ 2.782.000 millones para el plan de mediano plazo (9 años: 2002 - 2010) y, \$ 4.353.000 millones para el plan de largo plazo (10 años; 2011-2020).

Esta suma de \$ 420.000 millones anuales en promedio durante el periodo del plan de corto plazo, parece estar dentro de un rango razonable que no excede una suma factible, en comparación con los presupuestos propuestos en el plan general de 1997 y 1998.

### (3) Recursos Disponibles

Sin embargo, además de los costos de inversión directa mencionados anteriormente, es necesario gastar cierta parte del costo de mantenimiento/operación tanto en la infraestructura existente como en la infraestructura por desarrollar. Además, la situación financiera de Bogotá quizá no sea tan favorable debido a la discrepancia acostumbrada entre el presupuesto y su ejecución, y los escasos recursos derivados de los ingresos. Sería conveniente que los recursos por ingresos disponibles descritos a continuación, se destinaran, tanto ahora como en el futuro próximo, a la inversión de la infraestructura de transporte:

- a) Impuesto de consumo a la gasolina
- b) Valorización
- c) Recursos de capital
- d) Venta de acciones de la Empresa de Teléfonos de Bogotá mediante su privatización, y
- e) Transferencias del Gobierno Central

Como es imposible hacer un pronóstico exacto de ese valor, pero sí es fácil prever la escasez de recursos financieros, cabría examinar todas las medidas posibles con el fin de aumentar los recursos de inversión y desalentar el uso de vehículos privados, como se discutirá en el Capítulo 16.

#### 15.2.2 Posibilidades Financieras Varias para el Transporte Urbano

Existen varias leyes/ordenanzas nuevas en la disponibilidad financiera para las inversiones de infraestructura/transporte urbano durante el curso del estudio. Aunque no se han llevado a cabo todas en efecto, se deberá realizar cada esfuerzo posible para la ejecución de los paquetes de proyecto propuestos. Los mismos se resumen de la manera siguiente:

##### (1) Plan de Inversión y Desarrollo Nacional, 1995-1998 (El Salto Social)

El plan de inversión nacional basado en la ley 188: en el sector de transporte urbano, \$4.380 mil millones del presupuesto nacional serán ubicados para el desarrollo del sistema de tránsito en masa y vías, especialmente en Bogotá y Cali.

##### (2) Plan de Acción y Recursos para Santafé de Bogotá, 1995-1998

Plan basado en el Documento CONPES No. 2766 por DNP; se determinan las direcciones de desarrollo de transporte urbano, tales como:

- . Sistema de Tránsito en Masa Integrada (SITM)
- . Plan Maestro de Transporte
- . Proyecto Troncal
- . Proyecto de la Avenida Parque Sabana
- . Corredor de Línea Férrea Urbana
- . Mejoramiento de las Vías de Acceso, etc.

##### (3) Plan de Desarrollo para Bogotá, 1995-1998 (Formación de la Ciudad)

Programa de Inversión por el Gobierno de la Ciudad Decreto No. 295; Se lista el presupuesto necesario para el plan de transporte integrado, \$644 mil millones por el gobierno local y \$274 mil millones por el gobierno nacional.

##### (4) Ordenanza 310, 06 de Agosto de 1996

El subsidio para el sistema de tránsito en masa será provisto por el gobierno nacional; 40% en

caso mínimo y 70% en caso máximo (revisado desde la Ordenanza 86 en 1989).

#### (5) Impuesto al Consumo de Gasolina

El impuesto al consumo de gasolina será revisado gradualmente; 13% en 1996, 14% en 1997 y 15% desde 1998 al 2015. 50% de este importe de ingreso de impuesto será utilizado para el desarrollo del sistema de tránsito en masa (metro) en Bogotá (después de 1999).

#### (6) Presupuesto para la Construcción del Metro

Se transferirán \$125 mil millones para la línea prioritaria del Metro, que fueron asignados para SITM en 1994. Esto se basa en la Ley No. 188 de 1995 y los contratos de FONADE No. 961 y 972 de 1996.

#### (7) Subsidio del Gobierno Nacional para "Cundinamarca"

El presupuesto nacional de \$83,2 mil millones ha sido asignado en 1994 para el proyecto de desarrollo de la vía Cundinamarca, que está siendo ejecutado por sistema de concesión a través de la privatización.

#### (8) Presupuesto para las Vías de Acceso en el Sur y Suroeste de Bogotá

\$19,7 mil millones en 1994.

#### (9) Oferta y Transferencia de Propiedad de Líneas Férreas para el Tránsito en Masa y Vías

El corredor de la línea férrea desde Bosa a Km-2 y Km-2 a Km-5, se basa en los acuerdos entre FERROVIARIAS e IDU en Junio de 1995 y Enero de 1996.

### 15.2.3 Apreciación Financieras para la Vía Expresa Urbana con Peaje Propuest

En el centro del área del estudio se prevé la construcción de un viaducto, con el fin de resolver uno de los problemas de transporte más críticos dentro del Área Metropolitana de Bogotá. Esta vía expresa urbana estaría compuesta por tres vías: Primera Circunvalar (18 km); Segunda Circunvalar (24 km) y Radial (23 km), que estarían separadas totalmente por niveles de las vías corrientes, sin cruces a nivel. Los vehículos podrían entrar y salir de esta vía expresa a través de rampas, pagando peaje en los accesos.

El sistema de peaje para la amortización del costo de construcción inicial no se ha empleado en Colombia, con excepción del cobro a los usuarios de las vías para fines de mantenimiento únicamente, y que existen en algunos tramos del sistema vial nacional. Como no es posible valerse de los factores necesarios de simulación de la efectividad del peaje con base en varios criterios sacados de ejemplos de otros países, se realizan algunos análisis financieros.

Tabla 15.2-4 Volumen de Tráfico Estimado para la Vía Expresa Urbana

Year	(PCU/day)		
	(1) Master Plan Network 1) Free Charge	(2) 1st Ring only 1) Free Charge	(3) 1st & 2nd Rings 1) Free Charge
2010			
2020		377,749	639,321
	2) \$1,000/Trip	2) \$1,000/Trip	2) \$1,000/Trip
2010	57,336 (100)	57,336 (100)	57,336 (100)
2020	243,175 (424)	162,376 (283)	225,194 (393)

Una efectividad de la recolección de peaje a volumen de tráfico se estima de esta manera significativa; los volúmenes de tráfico indican cierta disminución comparado con el caso libre de cargos, o sea, 35% y 43% en el caso de que el cargo del peaje sea \$1.000 por viaje de vehículo y el valor de tiempo para los usuarios de la vía expresa con peaje sea \$10.000/hr en el año 2020. El valor de tiempo diferente resulta en una amplia gama de usuarios de la vía expresa con peaje como se muestra en la Tabla 15.2-5.

Tabla 15.2-5 Ejemplos de Estimulación de Tráfico en Vía Expresa con el Valor de Tiempo

(In case of 1st Ring only)		(PCU/day)		
Time Value	Toll Free	\$500	\$1,000	\$2,000
\$5,000/hr	377,749	-	63,219	12,005
\$10,000/hr	377,749	221,544	162,376	-

Sin embargo, los volúmenes de tráfico según cada caso alternativo, en términos de PCU/día, arrojan muy poca diferencia entre la situación de "la primera circunvalar únicamente" y "la primera y segunda circunvalares"

Los análisis financieros en el caso del plan maestro por flujo de caja "para la Primera Circunvalar, la Segunda Circunvalar y la Radial, arrojan una situación financiera muy difícil, si se considera como una empresa independiente.

- El sistema de vía expresa con peaje no es financieramente factible sin algún subsidio gubernamental.
- La tasa interna financiera de retorno (FIRR) indica 3,51% en caso "sin subsidio para el costo de inversión inicial". Puede ser necesario introducir algunos préstamos a largo plazo, tales como el préstamo OECF del Japón para realizar este proyecto bajo esta condición.
- En caso de que la mitad del costo de inversión total sea disponible desde los fondos de los intereses, la tasa FIRR será bastante favorable en 8,46%.
- Si la totalidad del costo de la inversión inicial proviene del gobierno, es decir, que sólo sea preciso recuperar los costos de operación y de mantenimiento, la tasa interna financiera de rendimiento se calcula en 31,0%.

En el caso del plan maestro, se examina un plan de reintegro y financiamiento general, bajo las condiciones siguientes tomadas como premisa.

- 80% del costo total del proyecto será la fuente de un préstamo a largo plazo y el saldo será subsidiado por el gobierno.

Interés : 3,0% por año,  
 Período del reintegro : 30 años,  
 Período de gracia : 10 años.

- El programa de gastos anuales se prepara de acuerdo con el programa de ejecución planeado.

Costo básico : precio de 1996,  
 Costo escalado : 5% por año,  
 Importe total de préstamo : 80% del costo total,  
 Reintegro principal : igual a 20 años.

Además del caso del Plan Maestro, también se analizaron otros dos casos: el de 'la Primera Circunvalar únicamente' y el de la '1a. y 2a. Circunvalar'.

Como se muestra en la tabla, ambos casos indican mejores FIRR comparados con el caso del plan maestro, o sea, 5,40% en el caso del "1er. Anillo" y 3,74% en el "1er. y 2do. Anillos". Además, los FIRR son 9,56% en el caso 1 y 8,12% en el caso 2 respectivamente, si la mitad del costo total es disponible desde el gobierno sin interés.

Aunque los análisis financieros preliminares resultan en los hechos mencionados anteriormente, es necesario conducir más detallados estudios sobre la posibilidad financiera del sistema de vía expresa de peaje urbano, basados en datos certeros desde varios puntos de vistas.

Tabla 15.2-6 Flujo de Costo-Ingreso de la Vía Expresa Urbana con Peaje (1)

Year	Cost			Revenue	Net Revenue		
	1) Whole Cost	2) 1/2 Cost	3) O/M only	@ \$1,000	1)	2)	3)
1996	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0
2000	31,000	15,500	0	0	-31,000	-15,500	0
2001	31,000	15,500	0	0	-31,000	-15,500	0
2002	153,000	76,500	0	0	-153,000	-76,500	0
2003	153,000	76,500	0	0	-153,000	-76,500	0
2004	122,000	61,000	0	0	-122,000	-61,000	0
2005	122,000	61,000	0	0	-122,000	-61,000	0
2006	85,360	42,680	18,360	11,760	-73,600	-30,920	-6,600
2007	151,360	75,680	18,360	13,583	-137,777	-62,097	-4,777
2008	151,360	75,680	18,360	15,688	-135,672	-59,992	-2,672
2009	151,360	75,680	18,360	18,119	-133,241	-57,561	-241
2010	151,360	75,680	18,360	20,929	-130,432	-54,752	2,568
2011	85,360	42,680	18,360	24,172	-61,188	-18,508	5,812
2012	38,340	19,170	38,340	27,918	-10,422	8,748	-10,422
2013	38,340	19,170	38,340	32,246	-6,094	13,076	-6,094
2014	105,340	52,670	38,340	37,244	-68,096	-15,426	-1,096
2015	71,340	35,670	38,340	43,017	-28,323	7,347	4,677
2016	139,340	69,670	38,340	49,684	-89,656	-19,986	11,344
2017	105,340	52,670	38,340	57,385	-47,955	4,715	19,045
2018	172,340	86,170	38,340	66,280	-106,060	-19,890	27,940
2019	172,340	86,170	38,340	76,554	-95,786	-9,616	38,214
2020	172,340	86,170	38,340	88,769	-83,581	2,589	50,419
2021	58,440	29,220	58,440	102,517	44,077	73,297	44,077
2022	58,440	29,220	58,440	118,407	59,967	89,187	59,967
2023	58,440	29,220	58,440	136,760	78,320	107,540	78,320
2024	58,440	29,220	58,440	157,958	99,518	128,738	99,518
2025	58,440	29,220	58,440	182,441	124,001	153,221	124,001
2026	58,440	29,220	58,440	191,563	133,123	162,343	133,123
2027	58,440	29,220	58,440	201,141	142,701	171,921	142,701
2028	58,440	29,220	58,440	211,198	152,758	181,978	152,758
2029	58,440	29,220	58,440	221,758	163,318	192,538	163,318
2030	58,440	29,220	58,440	232,846	174,406	203,626	174,406
Total	2,987,620	1,493,810	4,481,430	2,339,925	-647,695	846,115	1,300,305

Sección 15: Evaluación Del Plan Maestro Global De Transporte Urbano

Tabla 15.2-7 Ejemplo de Flujo de Caja para Plan de Reintegro de la Proyecto

Year	for 1st Ring				for 2nd Ring				for Radial				Total Repayment
	Principal	Interest	Pri. repaid	Repayment	Principal	Interest	Pri. repaid	Repayment	Principal	Interest	Pri. repaid	Repayment	
2000	30.14	0.90	0	0.90									0.90
2001	61.80	1.85	0	1.85									1.85
2002	225.82	6.77	0	6.77									6.77
2003	398.05	11.94	0	11.94									11.94
2004	542.25	16.27	0	16.27									16.27
2005	693.66	20.81	0	20.81									20.81
2006	693.66	20.81	0	20.81	87.31	2.62	0	2.62					23.43
2007	693.66	20.81	0	20.81	269.29	8.08	0	8.08					28.89
2008	693.66	20.81	0	20.81	460.37	13.81	0	13.81					34.62
2009	693.66	20.81	0	20.81	661.00	19.83	0	19.83					40.64
2010	693.66	20.81	34.68	55.49	871.66	26.15	0	26.15					81.64
2011	658.98	19.77	34.68	54.45	983.09	29.49	0	29.49					83.94
2012	624.29	18.73	34.68	53.41	983.09	29.49	0	29.49					82.90
2013	589.61	17.69	34.68	52.37	983.09	29.49	0	29.49					81.86
2014	554.93	16.65	34.68	51.33	983.09	29.49	0	29.49	128.99	3.87	0	3.87	84.69
2015	520.24	15.61	34.68	50.29	983.09	29.49	0	29.49	195.71	5.87	0	5.87	85.65
2016	485.56	14.57	34.68	49.25	983.09	29.49	49.15	78.65	410.09	12.30	0	12.30	140.20
2017	450.88	13.53	34.68	48.21	933.94	28.02	49.15	77.17	559.42	16.78	0	16.78	142.16
2018	416.20	12.49	34.68	47.17	884.78	26.54	49.15	75.70	873.00	26.19	0	26.19	149.06
2019	381.51	11.45	34.68	46.13	835.63	25.07	49.15	74.22	1202.27	36.07	0	36.07	156.42
2020	346.83	10.40	34.68	45.09	786.47	23.59	49.15	72.75	1548.00	46.44	0	46.44	164.28
2021	312.15	9.36	34.68	44.05	737.32	22.12	49.15	71.27	1548.00	46.44	0	46.44	161.76
2022	277.46	8.32	34.68	43.01	688.16	20.64	49.15	69.80	1548.00	46.44	0	46.44	159.25
2023	242.78	7.28	34.68	41.97	639.01	19.17	49.15	68.32	1548.00	46.44	0	46.44	156.73
2024	208.10	6.24	34.68	40.93	589.85	17.70	49.15	66.85	1548.00	46.44	77.40	123.84	231.62
2025	173.41	5.20	34.68	39.89	540.70	16.22	49.15	65.38	1470.60	44.12	77.40	121.52	226.78
2026	138.73	4.16	34.68	38.84	491.55	14.75	49.15	63.90	1393.20	41.80	77.40	119.20	221.94
2027	104.05	3.12	34.68	37.80	442.39	13.27	49.15	62.43	1315.80	39.47	77.40	116.87	217.10
2028	69.37	2.08	34.68	36.76	393.24	11.80	49.15	60.95	1238.40	37.15	77.40	114.55	212.27
2029	34.68	1.04	34.68	35.72	344.08	10.32	49.15	59.48	1161.00	34.83	77.40	112.23	207.43
2030					294.93	8.85	49.15	58.00	1083.60	32.51	77.40	109.91	167.91
2031					245.77	7.37	49.15	56.53	1006.20	30.19	77.40	107.59	164.11
2032					196.62	5.90	49.15	55.05	928.80	27.86	77.40	105.26	160.32
2033					147.46	4.42	49.15	53.58	851.40	25.54	77.40	102.94	156.52
2034					98.31	2.95	49.15	52.10	774.00	23.22	77.40	100.62	152.72
2035					49.15	1.47	49.15	50.63	696.60	20.90	77.40	98.30	148.93
2036									619.20	18.58	77.40	95.98	95.98
2037									541.80	16.25	77.40	93.65	93.65
2038									464.40	13.93	77.40	91.33	91.33
2039									387.00	11.61	77.40	89.01	89.01
2040									309.60	9.29	77.40	86.69	86.69
2041									232.20	6.97	77.40	84.37	84.37
2042									154.80	4.64	77.40	82.04	82.04
2043									77.40	2.32	77.40	79.72	79.72

Tabla 15 2-8 Flujo de Costos-Ingresos de la Vía Expresa Urbana con Peaje (2)

(\$ mil.)

Year	1) 1st Ring only			2) 1st & 2nd Rings		
	Cost	Revenue	Net Revenue	Cost	Revenue	Net Revenue
2000	31,000	0	-31,000	31,000	0	-31,000
2001	31,000	0	-31,000	31,000	0	-31,000
2002	153,000	0	-153,000	153,000	0	-153,000
2003	153,000	0	-153,000	153,000	0	-153,000
2004	122,000	0	-122,000	122,000	0	-122,000
2005	122,000	0	-122,000	122,000	0	-122,000
2006	18,360	13,786	-4,574	85,360	12,091	-73,269
2007	18,360	15,302	-3,058	151,360	13,869	-137,491
2008	18,360	16,986	-1,374	151,360	15,907	-135,453
2009	18,360	18,854	494	151,360	18,246	-133,114
2010	18,360	20,928	2,568	151,360	20,928	-130,432
2011	18,360	23,230	4,870	85,360	24,004	-61,356
2012	18,360	25,785	7,425	38,340	27,533	-10,807
2013	18,360	28,622	10,262	38,340	31,580	-6,760
2014	18,360	31,770	13,410	38,340	36,223	-2,117
2015	18,360	35,265	16,905	38,340	41,547	3,207
2016	18,360	39,144	20,784	38,340	47,655	9,315
2017	18,360	43,450	25,090	38,340	54,660	16,320
2018	18,360	48,229	29,869	38,340	62,695	24,355
2019	18,360	53,535	35,175	38,340	71,912	33,572
2020	18,360	59,267	40,907	38,340	82,196	43,856
2021	18,360	65,786	47,426	38,340	94,279	55,939
2022	18,360	73,023	54,663	38,340	108,138	69,798
2023	18,360	81,055	62,695	38,340	124,034	85,694
2024	18,360	89,971	71,611	38,340	142,267	103,927
2025	18,360	99,868	81,508	38,340	163,180	124,840
2026	18,360	104,862	86,502	38,340	171,339	132,999
2027	18,360	110,105	91,745	38,340	176,480	138,140
2028	18,360	115,610	97,250	38,340	181,774	143,434
2029	18,360	121,391	103,031	38,340	187,227	148,887
2030	18,360	127,460	109,100	38,340	192,844	154,504
2031	18,360	133,833	115,473	38,340	198,629	160,289
2032	18,360	140,525	122,165	38,340	204,588	166,248
2033	18,360	147,551	129,191	38,340	210,726	172,386
2034	18,360	154,929	136,569	38,340	217,048	178,708
2035	18,360	162,675	144,315	38,340	223,559	185,219
2036	18,360	167,555	149,195	38,340	230,266	191,926
2037	18,360	172,582	154,222	38,340	237,174	198,834
2038	18,360	177,759	159,399	38,340	244,289	205,949
2039	18,360	183,092	164,732	38,340	251,618	213,278
2040	18,360	188,585	170,225	38,340	259,166	220,826
Total	1,254,600	3,092,371	1,837,771	2,500,020	4,379,671	1,879,651

### 15.3 Evaluación Ambiental

#### 15.3.1 Situación Actual de los Principales Aspectos Ambientales Relacionados con el Proyecto

##### (1) Ruido

###### 1) La situación del ruido durante el día

El ruido es uno de los principales factores que se derivan de la contaminación del tráfico en Bogotá. Esto se debe especialmente a que los vehículos arrancan y se detienen repetidas veces, como resultado de la congestión de tráfico en el centro de la ciudad. Además, la falta de modales en el tráfico hace que los conductores de buses utilicen frenos de aire, aceleren innecesariamente y, utilicen con frecuencia el pito, lo que contribuye a aumentar los niveles de ruido. Por otra parte, son pocos los casos en que se ha medido el ruido provocado por el transporte urbano. Por esa razón, el Grupo de Estudio de JICA hizo una investigación sobre el estado actual del nivel del ruido en las principales vías. El objetivo de la encuesta fue investigar y analizar los niveles de ruido actuales en las áreas del estudio, y con base en esos datos estimar el efecto que tendrá el tráfico futuro.

Los criterios de selección de los sitios de monitoreo se basaron en la red futura de transporte, etc., y se seleccionaron 23 sitios. En cuanto a los métodos de medición, las estaciones de medición de ruido fueron colocadas en los andenes y el metro de nivel de ruido (RION NL-04) se colocó a 1.2 m por encima del nivel del suelo. En cuanto al método de evaluación, se utilizaron  $Leq$  y  $L50$  durante 10 minutos durante el día. Los resultados del monitoreo del ruido están resumidos en el Tabla 15.3-1. Estos valores indican que los niveles de ruido en cada punto de medición fueron más altos que las normas colombianas, aunque es preciso tener en cuenta la reducción del nivel de ruido en las zonas privadas. En la Figura 15.3-1 aparece la distribución de  $Leq$

###### 2) Nivel de Potencia de los Vehículos existentes en Bogotá

No hay datos de investigaciones acerca del ruido que hace cada tipo de vehículo en la ciudad. En consecuencia, el Grupo de Estudio de JICA hizo una breve investigación acerca del nivel de potencia del sonido de un vehículo de pasajeros actual, en una vía de dos carriles a nivel (Ave. Medellín) con un volumen de tráfico pequeño. El objetivo de la encuesta era investigar los niveles de ruido de los vehículos actuales por cada tipo, teniendo en cuenta la velocidad, y con base en ese resultado evaluar el método de calcular los niveles de ruido que causará el transporte en el futuro. La evaluación se basó en los métodos utilizados por la Sociedad Acústica del Japón (ASJ). En cuanto al método de medición, se estableció el medidor de nivel de ruido a 10 m desde el borde de la calzada, y a 1.2 m por encima del nivel del suelo. Cada nivel pico registrado cuando pasaba un vehículo en cada carril se registraba en el modo Rápido del medidor, y se calcularon los niveles de potencia ( $Lw$ ) sobre el supuesto de propagación sonora en el espacio semiesférico.

La regresión del nivel de potencia con la velocidad del vehículo en movimiento se calculó utilizando los valores medidos. Los resultados, con la fórmula de regresión fijada en 26, como proporción constante, aparecen en el Tabla 15.3-2.



Tabla 15.3-1 Distribución del Ruido

No.	Locations	Trans. Section	Measuring Time (10 minutes)		Noise Level(dBA)			Date	Land Use
			Start	Stop	L50	Leq	Lmax		
1	Calle 72 between Cr.9 and Cr.7	Cgt -3-P	16:40	16:50	69.4	75.9	92.2	6/11 Thu.	Multi-purpose Use
2	Carrera 7 near Cll.94	Cg -S-3-P	9:30	9:40	75.7	78.7	99.0	6/12 Wed.	Special Residential
3	Tranversal 10 near Calle106	Cg+R way -3-gP	9:50	10:00	65.7	72.2	87.7	6/12 Wed.	Special Residential
4	Autopista del Norte near Cll.130	Cg 3-Sg-2-Sgt-P	10:20	10:30	74.5	79.8	102.8	6/12 Wed.	Special Residential
5	Avenida 68 near Trv.48	Cgt 3-St-2-gP	10:50	11:00	74.3	77.5	93.7	6/12 Wed.	Special Residential
6	Avenida 81 near Cr.76	Cg -3-P	11:10	11:20	75.3	78.4	98.6	6/12 Wed.	General Residential
7	Avenida Ciudad de Quito near Cll.63C	Cannal -3-3-P	11:40	11:50	75.3	80.2	103.6	6/12 Wed.	General Residential
8	Autopista el Drado near Don Bosco	Cg -3-Sgt-3-P	14:40	14:50	75.5	78.1	92.2	6/12 Wed.	General Residential
9	Avenida Boyaca near Cll.37	Cg 3-3-P	14:20	14:30	75.9	78.7	98.6	6/12 Wed.	General Residential
10	Diagonal 22A near Cr.45A	C -2-P	10:40	10:50	73.4	76.8	98.1	6/13 Thu.	Industrial
11	Av. de las American near Trv.71B	Cgw -3-P	15:00	15:10	75.5	78.0	94.0	6/12 Wed.	General Residential
12	Calle 39 between Diag.4B and 3B	Cgw+R way -3-gP	16:00	16:10	67.7	73.4	93.6	6/12 Wed.	General Residential
13	Calle 13 near Cra.39	C -3-3-P	11:00	11:10	74.8	79.1	97.3	6/13 Thu.	Industrial
14	Calle 26 between Av. Quito and call 37	Ct -2-2-P	10:10	10:20	75.6	77.4	92.9	6/13 Thu.	General Residential
15	Avenida Caracas near Cll.47	Ct -2B-2-P	11:40	11:50	77.8	80.6	95.0	6/13 Thu.	Multi-purpose Use
16	Carrera 10 near Cll.17	Ct -3-P	14:40	14:50	75.1	81.2	106.3	6/13 Thu.	
17	Autopista Sur near Cr.55	C 6-P	15:50	16:00	75.3	77.4	95.8	6/13 Thu.	Multi-purpose Use
18	Avenida 30 near Cll.1C	Ct -3-S-3-P	15:10	15:20	72.1	76.3	94.6	6/13 Thu.	General Residential
19	Avenida Medellin near Rio Bogota	Ct -1	15:50	16:00	69.0	71.9	90.7	6/25 Thu.	
20	Carrera 7 near Cll.61	Ct -3-P	14:10	14:20	74.5	76.7	92.2	6/28 Fri.	General Residential
21	Diagonal 111 near Cr.19	Ct -1-P	15:00	15:10	52.1	59.6	83.6	6/28 Fri.	Special Residential
22	Carrera 13 between Cll.63 and Cll.64	Ct -3-P	16:50	17:00	74.5	76.6	94.7	7/2 Thu.	Multi-purpose Use
23	Diagonal 22A near Cr.43	Cgw+R way -1-P	11:20	11:30	51.3	62.0	88.5	7/9 Thu.	Special Residential

Ct:Center, S:Separation, 2~6:lanes, P:Sidewalk, R:Rail, B:Bus, g:greenbelt, t:tree, w:wide  
Permitted noise level(Daytime): Residential-65dB; Commercial-70dB; Industrial-75dB

Sección 15: Evaluación Del Plan Maestro Global De Transporte Urbano

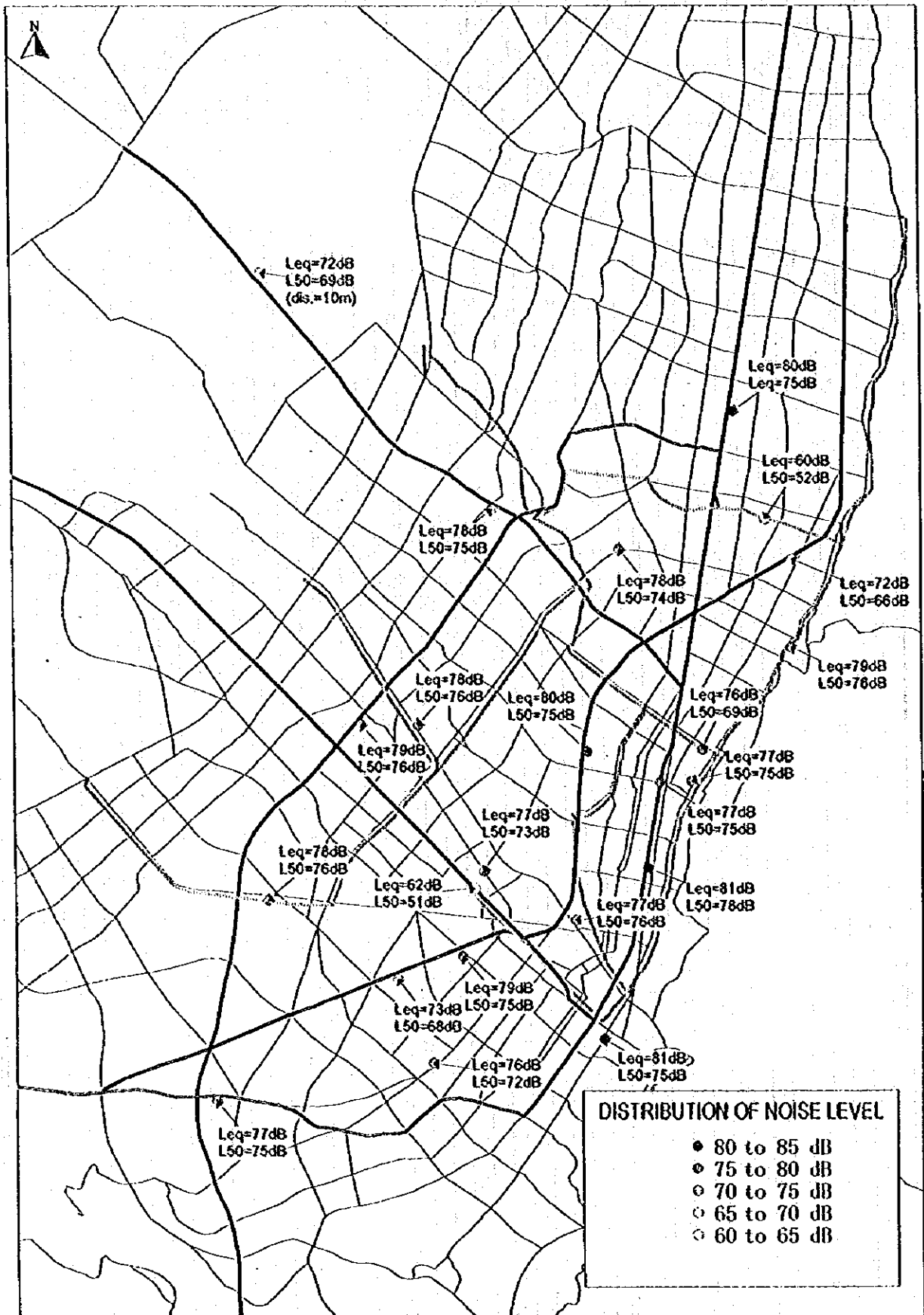


Figura 15.3-1 Distribución del Nivel de Ruido en Bogotá

Tabla 15.3-2 Regresión del Nivel de Potencia con la Velocidad

Type of vehicle	Regression formula	Correlation coefficient	Standard error	Sampling Number
Group of small vehicle	$L_w = 24.6 \log_{10} V + 63.6$	0.62	3.60	76
	$L_w = 26.0 \log_{10} V + 60.9$			
Group of large vehicle	$L_w = 28.2 \log_{10} V + 65.8$	0.49	10.6	25
	$L_w = 26.0 \log_{10} V + 70.0$			

small vehicles : cars, taxis, colectivos    large vehicles: busetas, buses, trucks

Por lo tanto, el nivel promedio de potencia en Bogotá, clasificado de acuerdo con dos tipos de vehículos, es calculado con la fórmula que se transcribe a continuación, que es una síntesis de las fórmulas arriba mencionadas.

$$L_w = 61.0 + 26 \log_{10} V (a_1 + 7.9 a_2)$$

a1:Relación del vehículo pequeño

a2:Relación de vehículo grande     $a_1 + a_2 = 1.0$

Con el fin de verificar la fórmula arriba mencionada, se calculó el nivel de ruido L50 utilizando un volumen de tráfico supervisado mediante el método de predicción de la ASJ, y se comparó con el nivel de ruido supervisado que aparece en el Tabla 15.3-3. La comparación se hizo en tres puntos y los resultados demuestran que la fórmula es capaz de aproximar los valores medidos actuales en forma bastante fidedigna.

Tabla 15.3-3 Comparación entre el Nivel Medido y el Nivel Calculado

Locations	Lanes	Traffic volume A			Traffic volume B			Noise Level L50(dB)	
		Small	Large	Vel.	Small	Large	Vel.	Measured	Calculated
Av.Medellin	2	654	270	46	-	-	-	69.0	68.0
Cra.7	6	1666	138	30*	2360	277	30*	74.5	74.9
Av.QUITO	10	4251	420	37	5229	473	37*	75.8	77.3

Small: Number of small vehicles/hour, Large: Number of large vehicles/hour, Vel.: running velocity(km/hour)

\*: Estimated value

El método de predicción de ASJ es el siguiente:

$$L_{50} = L_w - 8 - 20 \log_{10} l + 10 \log_{10} (\pi l/d \tanh^2 \pi l/d) + \alpha_d + \alpha_i$$

donde:

- L50 : Media del nivel de ruido del tráfico (día)
- l : Distancia desde la fuente del ruido (m)
- d : Intervalo promedio de vehículos (m)  $d = 1000 V/N$
- V : Velocidad promedio de viaje (km/hora)
- N : Volumen de tráfico (vehículo/hora)
- $\alpha_d$  : Factor de ajuste de difracción
- $\alpha_i$  : Factor de ajuste de varias causas

### 3) Cambio del ruido según las horas en la Avenida Ciudad de Quito

El Grupo de Estudio de JICA investigó los cambios según las horas del nivel de ruido a lo largo de las vías principales propuestas en el Plan Maestro, como la Avenida Quito. El objetivo de la

encuesta era investigar y analizar la relación entre el nivel de ruido y el volumen de tráfico, y, sobre esa base, valorar el método para pronosticar en el futuro el ruido del tráfico en las vías. Simultáneamente se contó y se clasificó el volumen de tráfico.

Los sitios seleccionados en los periodos de la encuesta fueron los siguientes:

Sitio: Avenida Ciudad de Quito entre calle 53 y 53B

Periodos: de las 7:00 am a 7:00 p.m.

En lo que respecta a los métodos de medición, los sitios para medición del ruido se ubicaron a 3-3 m del borde de la vía. El micrófono se colocó a 1,2 m por encima del nivel del suelo. Los cambios de nivel de ruido y de volumen de tráfico durante 12 horas se resumen en el Tabla 15.3-4 y en la figura 15.3-2. Los niveles de ruido a lo largo de las principales vías, como la Avenida Ciudad de Quito, son permanentemente altos.

Tabla 15.3-4 Cambios en el Nivel de Ruido y en el Volumen del Tráfico

Measuring Time July 4 <sup>th</sup> '96	Noise Level (dBA)			Hourly traffic volume (unit)				Velocity (A line) km/h
	L50	Leq	Lmax.	A Line to Centro		B Line to Norte		
				Small car	Large car	Small car	Large car	
7:00-7:10	77.7	80.4	96.5	7327	449	5195	504	43
8:00-8:10	76.0	78.1	90.9	7260	538	5908	519	30
9:00-9:10	76.0	78.1	90.5	6838	504	4337	434	39
10:00-11:00	76.5	79.3	96.3	6769	399	4525	413	39
11:00-11:10	76.5	79.6	99.4	5320	396	4401	373	43
12:00-12:10	75.8	78.9	105.5	5229	473	4251	420	37
13:00-13:10	75.4	80.9	105.3	5552	440	4228	459	39
14:00-14:10	75.8	78.5	102.9	5060	442	4672	601	41
15:00-15:10	77.7	82.4	106.7	5446	478	5947	388	34
16:00-16:10	76.0	79.0	100.2	6156	470	5962	422	43
17:00-17:10	76.5	79.3	93.7	6379	609	6195	415	35
18:00-18:10	76.0	78.2	97.4	5304	531	5893	350	32
19:00-19:10	75.4	78.3	96.2	-	-	-	-	40

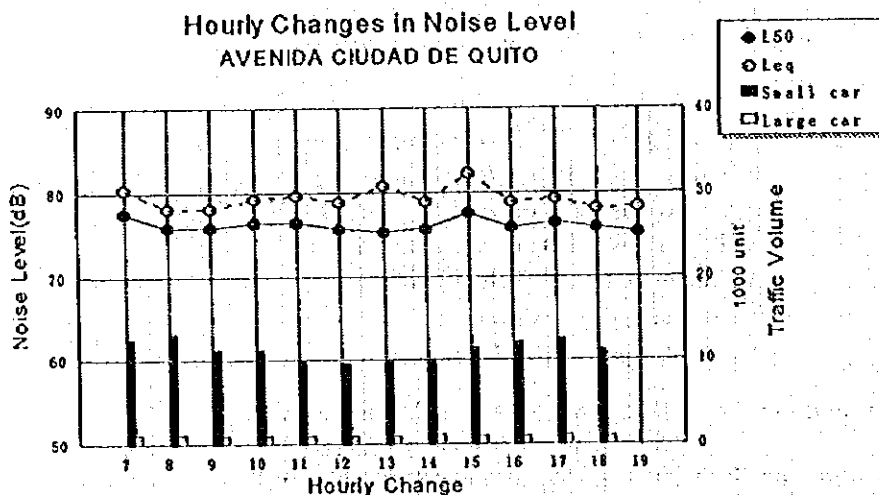


Figura 15.3-2, Cambios según las Horas en el Nivel de Ruido y en el Nivel de Tráfico

## (2) Contaminación Atmosférica

De acuerdo con los datos del conteo del tráfico en las principales vías de Bogotá, los resultados muestran que en la zona urbana los volúmenes de tráfico de 12 horas son considerables, con un volumen máximo de 153.000 PCU/12 horas. En otras vías arterias también se observan volúmenes de tráfico de 30.000 PCU/12 horas o más. El porcentaje de buses y busetas en las principales vías es alto: 26% en la Avenida Caracas, 36% en la Carrera 10a.

Además, las velocidades de viaje en las principales Vías a las horas pico son de 10 km/h o menos. En particular, los buses se detienen frecuentemente para cargar y descargar pasajeros, y en las intersecciones.

El informe 92 de JICA, en el que se describen las principales características de los vehículos automotores en Bogotá, señala que la mayoría son viejos y tienen grandes motores de gasolina. Estas características, sumadas a una baja presión atmosférica, ocasionan altas emisiones de CO y de HC, como resultado de la combustión incompleta.

En el decreto 948 de 1995, promulgado por el Ministerio del Medio Ambiente, se prevén medidas para la prevención de la contaminación atmosférica, el ruido y los olores ofensivos. En Bogotá, la Resolución 160 de 1996 fue promulgada el 5 de junio a continuación del decreto 948. En ella se especifican los niveles máximos de monóxido de carbono (CO) y la densidad de los hidrocarburos (HC) que emiten los exostos de los automóviles. Además están las normas de emisión que aparecen en el Tabla 15.3-5.

Tabla 15.3-5 Nivel Máximo

Model of vehicles	% volume of CO	HC ppm
before 1974	7	1
1975-1980	5.5	800
1981-1990	5	650
1991-1995	4	500
1995-1997	3.5	450
after 1998	2.5	300

Sin embargo, hasta el momento, apenas si se han tomado medidas en contra de las emisiones de los exostos de los automóviles. Actualmente, el DAMA está monitoreando los gases de los exostos emitidos por los vehículos en 14 sitios de la ciudad. En caso de que los resultados excedan los valores permitidos, los propietarios de los vehículos deberán ser multados. Sin embargo, como el sistema de inspección de vehículos no funciona con regularidad y, no hay equipo para medir los gases de los exostos en los talleres de reparación automotriz, el DAMA está considerando la posibilidad de crear una "corporación de servicio público", lo más pronto posible.

## (3) Paisaje

El paisaje de Bogotá está compuesto por calles bordeadas de árboles, parques, edificios y montañas. Las construcciones a lo largo de las calles, como residencias y apartamentos, tienen un diseño uniforme, con fachadas en ladrillo ornamental. Por lo tanto, cuando se mira desde la vía, el paisaje está dominado por una vegetación de árboles y arbustos, y el color marrón y blanco de las fachadas. Estos elementos del paisaje imprimen un carácter especial a Bogotá, de acuerdo con su idiosincracia e historia.

En lo que respecta a las vías, a la vez que hay muchas en las que no se tiene la menor consideración ambiental, como son la Autopista del Sur, también las hay con espacios verdes como la Avenida Eldorado y la Autopista del Norte. Además, hay muchas vías con filas de árboles muy bien desarrollados. Como en los proyectos importantes del futuro se prevé el uso eficaz del separador del medio, el estado actual de los árboles que existen en ese separador se ilustra en la Figura 15.3-3.

### 15.3.2 Resumen Fundamental de las Medidas Ambientales

#### (1) Ruido/Vibración

Cuando se adopten las medidas en contra del ruido/vibraciones, será preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

##### 1) Tráfico vial

##### a) Fortalecimiento de las normas

El ruido del tráfico aumentará en el futuro como resultado del aumento del volumen de tráfico. Por lo tanto, es preciso fortalecer las normas y sistemas con el fin de controlar el nivel de ruido de cada vehículo que contribuya a aumentar el ruido del tráfico vial. Por ejemplo, en el Tabla 15.3-6 aparecen las normas sobre ruido que se aplican a los vehículos en el Japón.

**Tabla 15.3-6 Detalles Sobre las Normas Contra el Ruido Relacionadas con los Vehículos en el Japón (Db)**

Type of vehicle	Acceleration running noise					Running noise	Exhaust noise
	1971	1976	1979	1982	2006?		
Small vehicle(Less than 10 person)	84	82	81	78	76	70	103
Large vehicle(Over 3.5ton, 200Hp)	92	89	86	83	82	80	107

##### b) Flujo del tráfico

Para lograr una reducción de ruido es fundamental planificar y mantener un flujo de tráfico ágil y seguro. Las medidas para mejorar el sistema vial son las siguientes: dispersión y agilización del movimiento del tráfico mediante una mejora sistemática de las vías; alivio de las congestiones de tráfico mediante la mejora de las intersecciones y la creación de un sistema de información sobre parqueo, etc. Si se mejora el sistema de control de tráfico el flujo de tráfico será más ágil. Para controlar la demanda de tráfico, será preciso introducir Vehículos de Alta Ocupación y racionalizar el transporte de mercancías. Además, la introducción de varias normas, como licencias de acceso a determinadas zonas, un sistema de numeración de placas, reglamentación sobre emisiones, etc. y la promoción del uso de sistemas de tránsito masivo mediante la provisión de áreas en donde los pasajeros puedan parquear sus vehículos antes de abordar los trenes, estimulará la creación de un entorno de tráfico apropiado.

Por otra parte, los buses grandes producen mucho ruido y vibraciones, en comparación con los automóviles y, por lo tanto, es conveniente que se organice una línea de buses expresos alineados lejos de las residencias.

##### c) Estructura vial

Cuando se planifiquen las nuevas vías, será necesario tener en cuenta los siguientes aspectos y hacer todo lo posible por preservar el medio ambiente.



Figura 15.3-3 Estado de los Árboles en los Separadores de las Vías Propuestas

**Estructura de las vías** --- En la figura 15.3-4 se hace una comparación de la reducción del ruido por distancias en unas mismas condiciones de tráfico, para los distintos tipos básicos de estructuras de vías. La altura del receptor es de 1,2 m; el volumen de tráfico total por hora es de 6.400; la velocidad es de 60 km/hora; la relación de los vehículos grandes es del 15%. En el caso de una vía a nivel, el ruido es mayor y amortiguación es menor.

**Barreras** --- Es posible utilizar barreras entre la fuente y el receptor del ruido para reducir eficazmente el ruido exterior mediante la difracción. En el caso de una vía elevada, la instalación de una barrera de 5 m puede reducir el nivel del ruido en 5-10 dB, a una altura de 1-3 m por encima del nivel del suelo.

**Vigas Maestras Continuas** --- En las juntas de dilatación de las vías elevadas se producirá el ruido del impacto de los vehículos y de las vibraciones estructurales como resultado de la carga de tráfico. Una medida muy eficaz es reducir la junta de dilatación y dejar una superficie continua. Por lo tanto, es necesario seleccionar, no un puente de vigas sencillo sino un puente de vigas continuo de varias luces, y construir la junta de dilatación lejos de las residencias.

**Cinturón Ambiental** --- Por razones de estética, la zona entre la vía y las residencias debe constituirse en barrera y en zona verde, y para reducir el ruido, las vibraciones y la contaminación del aire, la distancia ayudaría a reducir la intensidad del ruido.

**Tratamiento de la absorción** --- En caso de que aumenten los niveles de ruido ocasionados por la proyección del ruido de los distintos niveles de las vía elevadas que corren por encima de ellos, cabría hacer un tratamiento de amortiguación por debajo de la vía elevada para reducir el ruido reflejado. En cuanto a los túneles, el tratamiento de amortiguación del ruido de las salidas reducirá su proyección.

**Pavimento de asfalto poroso** --- El asfalto en el que se utilizan materiales porosos controlará el ruido producido por las llantas y el pavimento y, reducirá el ruido proyectado por la superficie de la vía. Se espera que el nivel de ruido se reduzca en cerca de 3 dB.

**Barreras bajas** --- En lo que respecta a las vías a nivel de la ciudad, no se recomienda la instalación de barreras altas, por razones de funcionalidad. Por lo tanto, la instalación de una barrera baja, por ejemplo, de un seto de un metro de alto, reducirá el nivel de ruido en 2-3 dB en un áreas de 2-3 m de alto detrás de ellos.

**Puente sobre pilones** --- En el caso del tipo T, es posible que se produzca contaminación por las vibraciones al doblar en dirección transversal. Por lo tanto, cuando se atraviesen zonas residenciales se aconseja seleccionar el puente de dos pilones.

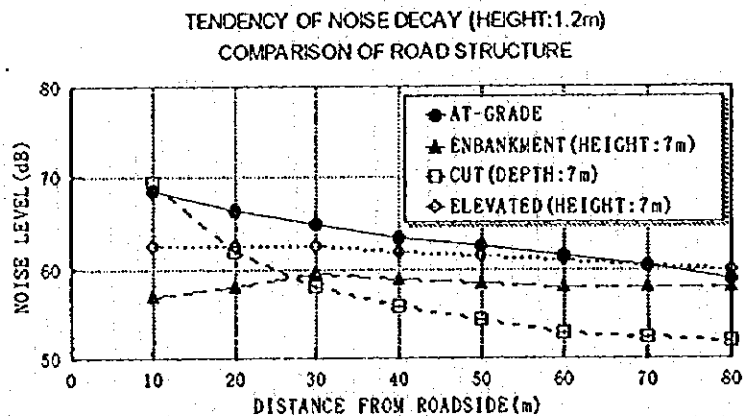


Figura 15.3-4 Intensidad del Ruido por la Distancia (1.2m)



En las Figuras 15.3-5 y 15.3-6, respectivamente, se ilustran las medidas generales en contra del ruido y las vibraciones.

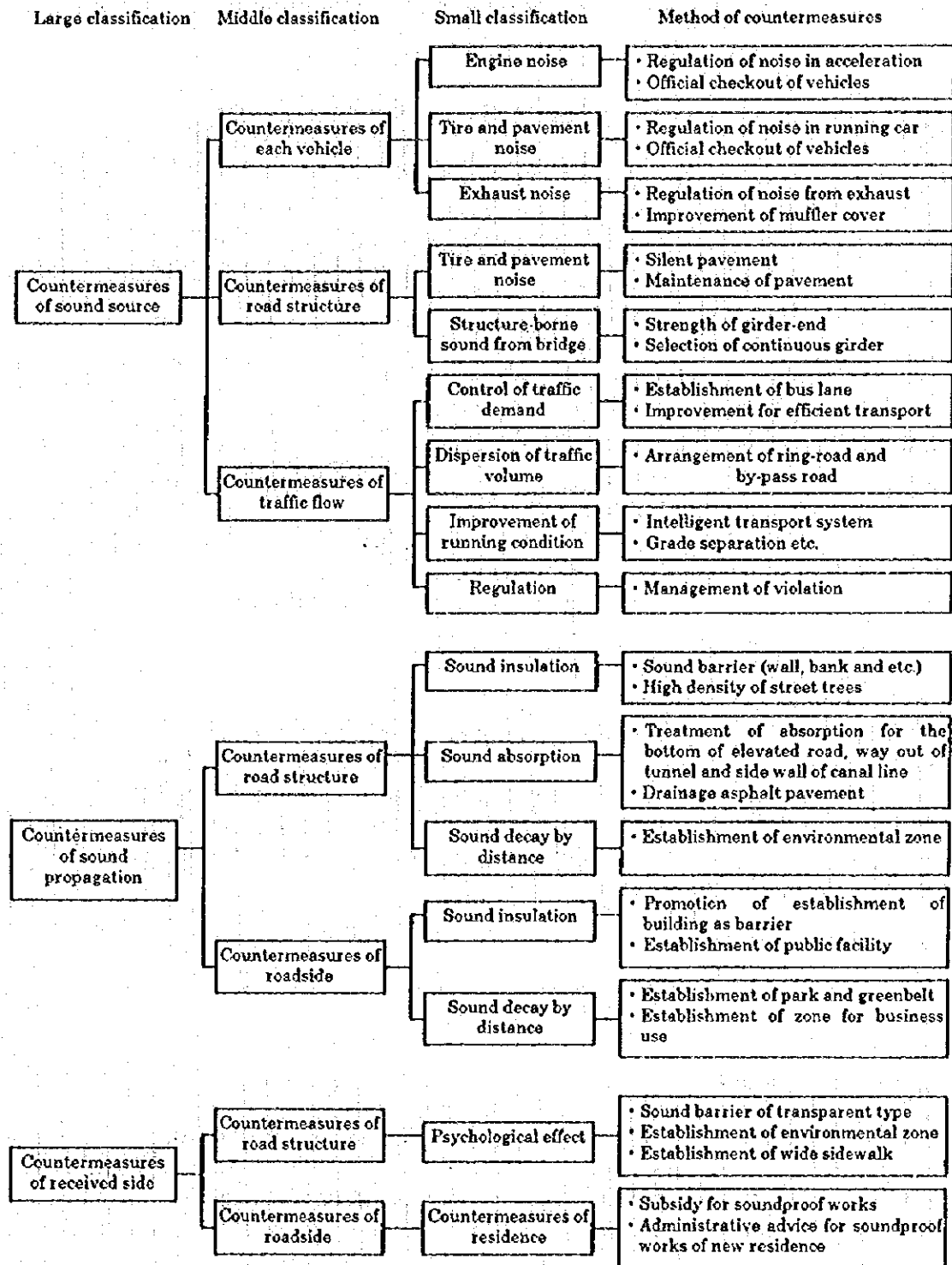


Figura 15.3-5 Medidas generales Contra el Ruido

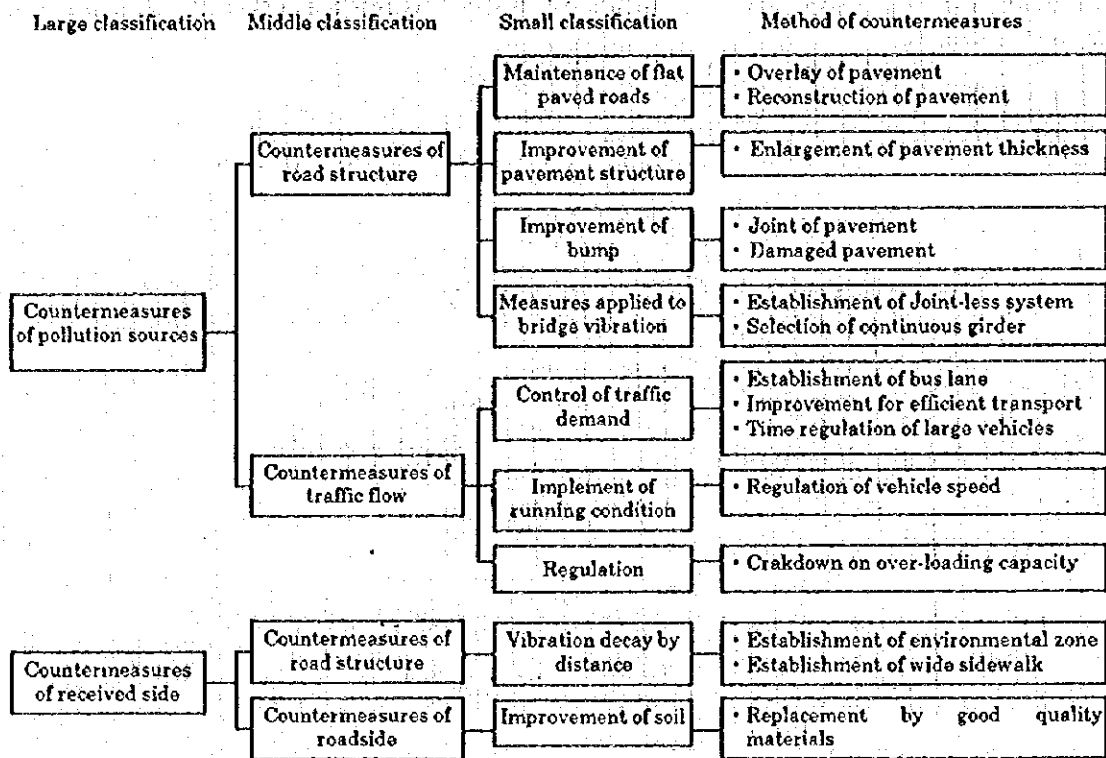


Figura 15.3-6 Medidas generales Contra las Vibraciones

## 2) Medidas para las líneas férreas

Las medidas para las líneas férreas son las siguientes: medidas contra las fuentes de ruido, como carrileras y estructuras; medidas para la planeación del uso de la tierra. En particular, las medidas contra las fuentes de ruido son las siguientes: selección de tipos de vagones como LRT o HRT; el ruido de las vías férreas ocasionado por las ruedas de los vagones y las carrileras, se reducirá mediante barreras como la de tipo L; el ruido creado por las estructuras se reducirá mediante la selección del tipo de carrilera.

### (2) Contaminación Atmosférica

Las medidas principales que deben adoptarse en contra de la contaminación del aire son las siguientes:

#### 1) Mejoras en los vehículos

Entre las medidas seleccionadas para mejorar la condición de los vehículos cabe mencionar la reglamentación de los gases de los exostos, que deberán aplicarse tanto a los nuevos modelos como a los vehículos ya en uso. Es importante que en el futuro se fortalezcan estas normas. En lo que respecta a las medidas para los motores de gasolina, el uso de catalizadores resulta eficaz para reducir el CO, HC y NOx. Además, el uso de carburadores controlados electrónicamente reducirá el volumen de los gases de exosto. En Santiago de Chile, se ha implantado un sistema de numeración de placas con el fin de preservar el medio ambiente de la ciudad. Sin embargo, a los vehículos que utilizan catalizadores se les permite entrar a la ciudad, lo que motiva a los propietarios de vehículos nuevos o usados a comprar catalizadores eficaces. En cambio, el sistema de los impuestos a los vehículos se basa en el valor del avalúo del vehículo. De acuerdo

con este sistema, el valor del impuesto disminuye a medida que el vehículo envejece. Sin embargo, desde el punto de vista de la contaminación del aire, los vehículos más antiguos emiten mayores cantidades de contaminantes, lo que hace más difícil la introducción de medidas de control. En este contexto, el sistema tributario debe modificarse de modo que se anime a los usuarios a salir de los vehículos viejos y comprar nuevos, equipados con dispositivos de control de emisiones. En lo que respecta a las severas medidas que se están tomando actualmente en Bogotá en contra de los gases de exosto, es importante que los propietarios de los vehículos reconozcan que no sólo son víctimas sino también culpables de la contaminación y, que entiendan que el control de las emisiones de los motores contribuye al mejoramiento ambiental de la ciudad.

## 2) Mejora de la estructura vial

La concentración de las emisiones de los exostos de los vehículos disminuye a medida que aumenta la distancia desde la vía. Por lo tanto, es importante mantener la distancia entre las vías y las residencias, mediante la creación de zonas de amortiguación y cinturones verdes. En el Tabla 15.3-7 (altura receptora de 1,5 m dirección del viento es transversal), se hace una comparación de la disminución en la concentración de los contaminantes atmosféricos según las distancias, en las mismas condiciones de tráfico, aplicadas a estructuras básicas de vías de varios tipos. En el caso en que la altura de la fuente de emisión sea baja, por ejemplo, a nivel del suelo, la concentración en el costado de la vía será alta. Por lo tanto, entre más alta sea la fuente de la emisión, más fuerte será la difusión. Con el uso de barreras contra el ruido, la altura de la emisión será teóricamente más alta y, por lo tanto, más eficaz para difundir los contaminantes.

En cambio, hay algunas plantas capaces de absorber y fijar los contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, un cinturón verde de 7 m de ancho con árboles en ambos costados, tiene la capacidad de absorber el 5% del NOx emitido por un volumen de tráfico de 30.000 vehículos diarios. En la Figura 15.3-8 se observa cómo una hilera de los árboles a lo largo de una vía tiene el efecto de fomentar la difusión al obstruir el flujo de aire. En la Figura 15.3-9 se presentan algunas medidas generales contra la contaminación atmosférica.

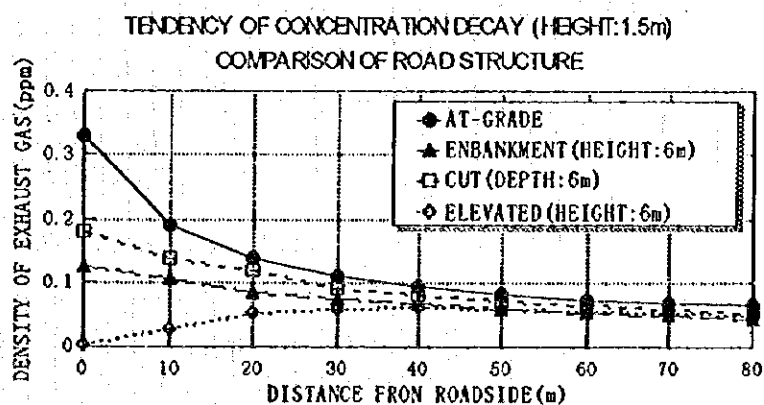


Figura 15.3-7 De la Reducción de la Concentración de los Contaminantes Atmosféricos por Distancia

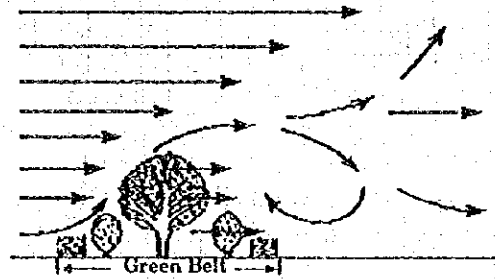


Figura 15.3-8 Función de la Difusión Mediante una Zona Verde con Árboles

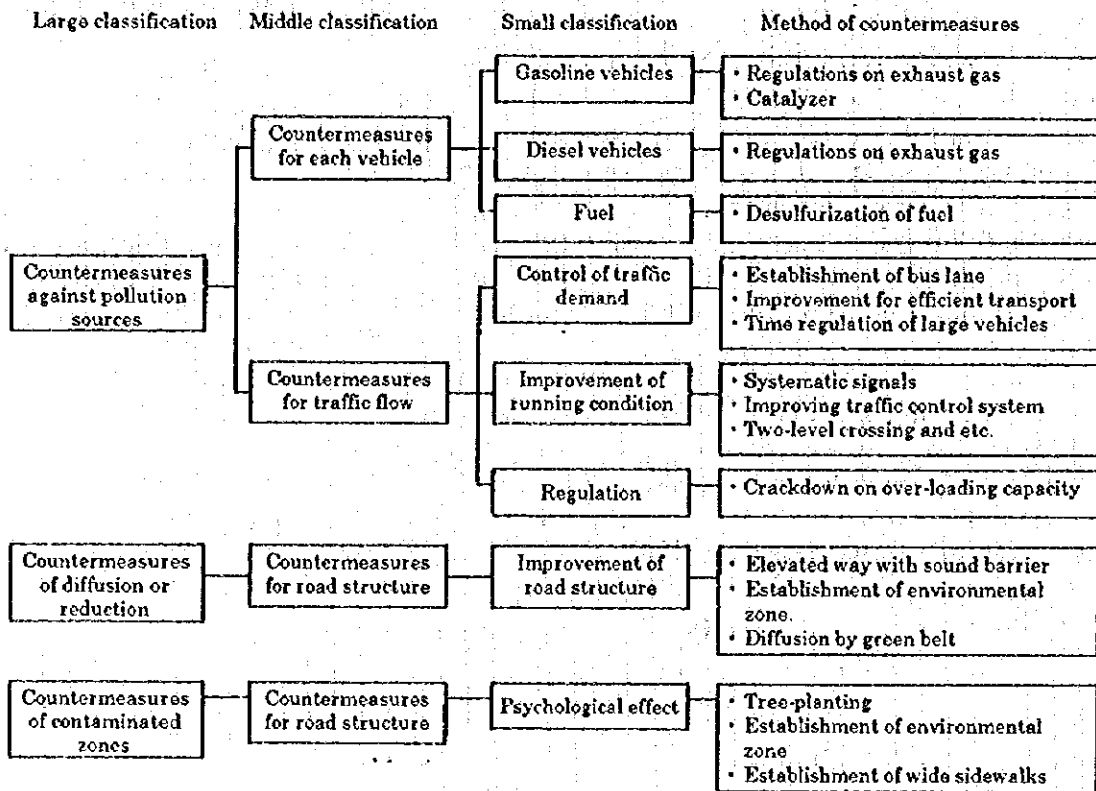


Figura 15.3-9 Medidas Generales contra la Contaminación Atmosférica

### (3) Paisaje

Algunos de los aspectos que deberán considerarse en relación con el paisajismo, son:

#### 1) El paisaje de las vías

El paisaje de las vías tiene tres elementos, a saber, la vía, el costado de la vía y la perspectiva. La vía se compone de la vía misma, de los árboles y arbustos y, del sistema de alumbrado que la bordean. En el costado de la vía hay estructuras, como viviendas, almacenes y zonas verdes, granjas y bosques. La vista se compone de las áreas circundantes, como son colinas, humedales y estructuras culturales, como monumentos. Los proyectos de paisajismo para las vías tienen por objeto mejorar la vista o paisaje. Entre las normas fundamentales que hay que observar, cabe mencionar: 1) el diseño, como respuesta al carácter de la vía; 2) el diseño, con respecto al usuario de la vía y a los residentes de la región; 3) el equilibrio de las formas; 4) armonía y variedad.

Estos proyectos pueden clasificarse esencialmente como proyectos de vías urbanas y, por lo tanto, el diseño debe tener en cuenta el carácter individual de cada distrito, como, por ejemplo, el centro y las zonas residenciales. Además, las vías deben diseñarse de tal modo que los usuarios y los residentes vecinos puedan utilizarlas con agrado, como parte de su vida diaria. Una vía es fundamentalmente una estructura artificial, de modo que si no se la diseña apropiadamente, resultará sin armonía. Por lo tanto, es necesario prestar especial atención al equilibrio entre el diseño de la vía y su entorno. Un buen equilibrio entre los distintos elementos traerá armonía y variedad.

## 2) Zonas verdes e individualidad

Para mejorar el medio ambiente de Bogotá hay que tener en cuenta las zonas verdes y la individualidad.

La función de las zonas verdes como parte de la planeación de las vías es mejorar el paisaje, conservar el entorno natural, mejorar la seguridad en el tráfico, ofrecer sombra y prevenir desastres. La función de mejoramiento del paisaje es, por razones estéticas, el camuflaje, la unidad y la armonía, del paisaje. La siembra de árboles puede embellecer más el paisaje y mejorar su calidad. La vegetación sirve para camuflar y esconder de la vista estructuras desagradables. La unidad del paisaje pueden servir para estimular la concentración y guiar los ojos de los usuarios mediante la siembra regular de árboles. El equilibrio del paisaje puede contribuir a armonizar las estructuras artificiales con la naturaleza, por ejemplo, sembrando en las pendientes de los cortes profundos de terreno. Para fomentar las actividades de siembra de zonas verdes, es necesario seleccionar los diseños y los tipos de vegetación, teniendo en cuenta las funciones que se asignan a cada vía y a cada región.

Al emprender un proyecto de mejora del paisaje, es importante expresar la individualidad de la zona. La mejor manera de hacerlo es utilizando materiales originarios de la región o asociados a su historia. Por ejemplo, el uso de ladrillos para las residencias a lo largo de las vías expresará el carácter tradicional y regional de Bogotá, y armonizará con el medio ambiente.

En la Figura 15.3-10 aparecen algunas medidas generales sobre paisajismo.

### 15.3.3 Impacto ambiental y Evaluación

#### (1) Reasentamiento

El plan maestro de vías elevadas, vías expresas para buses y líneas férreas, utilizará las rutas existentes como vías, líneas férreas y canales y, básicamente evitará la adquisición de demasiadas tierras. Por lo tanto, no es necesario adquirir grandes extensiones de tierra para las principales rutas, sino más bien pequeñas parcelas con destino a las intersecciones, curvas, uniones y rampas de entrada y salida de las vías expresas. La ampliación de la Avenida 68 implicará la adquisición de terrenos a lo largo de la vía. Se necesitará hacer un estudio para reasentar a los habitantes que se desplacen de estas zonas. Por lo tanto, será necesario adoptar medidas en contra de la ocupación ilegal del ancho de las líneas férreas, como el distrito de Gorgonzola.

#### (2) Infraestructura y Servicios de Transporte

Se planea la construcción de instalaciones como terminales para buses y trenes. Por lo tanto, el estudio de factibilidad que se emprenda deberá evaluar el impacto de estas obras. Entretanto, cabe esperar que durante su construcción se formen congestiones de tráfico y aumente la contaminación de ruido. Por lo tanto, será preciso que en la planeación de estas obras se tengan en cuenta los

problemas de orden ambiental.

A lo largo de las vías existen muchas construcciones públicas, como escuelas, hospitales e iglesias. Por lo tanto, será necesario adoptar medidas con el fin de proteger el medio ambiente.

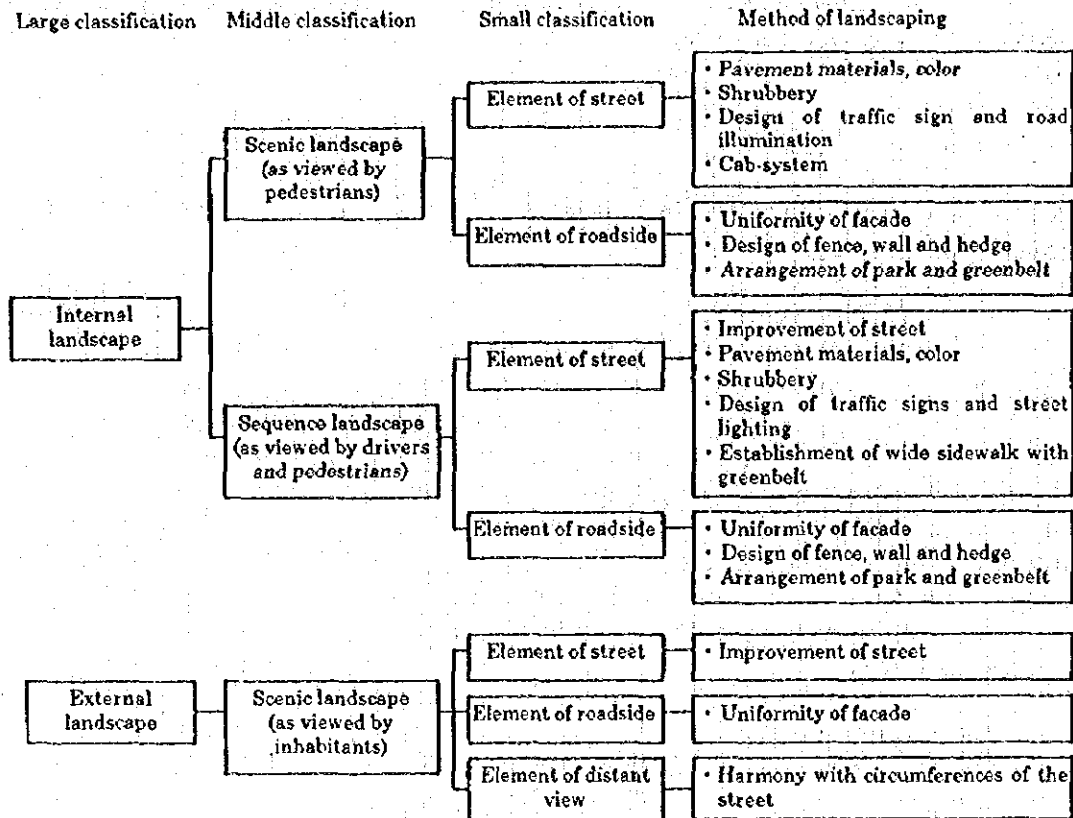


Figura 15.3-10 Medidas Generales sobre Paisajismo

### (3) Propiedad Cultural

En la Figura 15.3-11, sobrepuesta a las rutas propuestas, aparece la distribución de los monumentos históricos más importantes, enumerados en el Decreto No. 677/94. Aunque algunos de estos monumentos están a lo largo de las rutas, no existen en las áreas en donde se propone la adquisición de tierras, como son las uniones de expansión de las vías expresas, las separaciones por niveles en la Avenida Caracas, etc.

### (4) Basuras

La basura que se producirá como resultado de este estudio serán los escombros resultantes de las obras. En especial, en la construcción de las bases de las vías expresas, túneles ferroviarios etc., se generarán muchos desechos. En abril de 1996, el DAMA emitió las normas relativas a la construcción del sistema de transporte masivo y obras públicas, así que es necesario tener en cuenta la conservación del medio ambiente y obtener una licencia ambiental antes de iniciar las obras.

a) Términos de referencia para la elaboración de los estudios de impacto ambiental para la construcción y desarrollo de sistemas de transporte masivo

b) Términos de Referencia de los Estudios de Impacto Ambiental para la ejecución de las obras públicas de la red vial, no pertenecientes al sistema nacional.



★ HISTORICAL MONUMENTS

Figura 15.3-11 Distribución de los Monumentos Históricos Importantes

### (5) Flora y Fauna (Humedales)

La zona a lo largo del río Juan Amarillo es un humedal que se encuentra bajo la protección del DAMA, el cual se planea en el futuro como zona de parque. Desde el punto de vista del DAMA, básicamente no está permitido construir, no sólo en los humedales protegidos, sino también en las áreas propuestas para la construcción futura de parques. Por lo tanto, será necesario diseñar la ruta propuesta de la autopista a lo largo del límite de esta área y adoptar una vía elevada para mitigar cualquier efecto negativo en los humedales.

### (6) Paisaje

En general, hay tres aspectos que cabe tener en cuenta en relación con el paisajismo:

#### 1) Calles bordeadas de árboles

En este estudio se prevé la construcción de vías que utilicen eficazmente los separadores del medio, como en el caso de las vías elevadas. Como en las franjas del medio de las rutas propuestas crecen abundantes árboles, estos podrían trasplantarse a parques, etc. cuando sea necesario. Entre ellos se incluyen los grandes árboles de muchos años, de la calle 72. Si los sitios propuestos tienen espacio suficiente, cabría evitar arrancarlos. Sin embargo, hay casos en que será necesario derribar los árboles en todas las rutas propuestas. El DAMA tiene experiencia en el trasplante de árboles y permite el derribo de árboles que no sean especies raras o hitos históricos importantes. En esos casos, el DAMA exige que en el plan de mejora de vías se dé suficiente consideración al paisajismo y que se tomen medidas ambientales como la resiembra de árboles.

#### 2) Zona residencial

La ruta de la autopista que se planea construir a lo largo del Canal de los Molinos corresponde a un distrito residencial muy tranquilo. A ambos bordes del canal hay altos árboles plantados que proporcionan un excelente ambiente natural para la zona residencial. Por lo tanto, es necesario que el viaducto propuesto se diseñe de acuerdo con el entorno. Por ejemplo, debe preverse que la vía elevada tenga una barrera de sonido para reducir el ruido del tráfico. En ese caso, será necesario pensar en adoptar un diseño como el de una barrera curva transparente. Además, es conveniente camuflar la estructura con árboles, conservando los árboles actuales y sembrando nuevos cuando sea necesario.

#### 3) Humedales y parques

A lo largo del río Juan Amarillo se encuentra un humedal que está bajo la protección del Dama y se ha planeado construir un parque en el área adyacente. Como funciones de esta zona de parque se prevé la introducción de actividades recreativas, habitat para animales y plantas, distracciones y un ambiente escénico natural. Por lo tanto, no sólo es necesario armonizar la vía elevada con el medio natural, sino también diseñar sus características para que estén en armonía con la zona residencial existente.

### (7) Contaminación del aire

Gracias al Plan Maestro, el tráfico circulará más libremente y aumentarán las velocidades de viaje. En la Figura 15.3-12 aparece la relación entre la velocidad de los vehículos y el volumen de las emisiones. Se espera que la combinación de una mejor velocidad y el control de arranques y pares innecesarios, reduzca la concentración de los gases de exosto de los vehículos. Esta medida será particularmente eficaz en el caso de los grandes vehículos con motores diesel. Sin embargo, a menos que se tomen medidas apropiadas, el crecimiento del volumen de tráfico en el futuro



agravará este problema. Por lo tanto, como ya se mencionó, es necesario fomentar las normas sobre los gases de exosto y el manejo de la demanda del tráfico.

En relación con la estructura de las vías, los gases de emisión se disipan rápidamente en las vías anchas, como la Autopista del Norte, como resultado de la reducción de la intensidad por la distancia y el cinturón verde. Sin embargo, en las vías más angostas rodeadas de altos edificios, como en la Carrera 7a, las emisiones del nivel del suelo de la vía permanecen por debajo de la vía elevada. Por lo tanto, es necesario diseñar vías elevadas más altas para que se disipen los contaminantes.

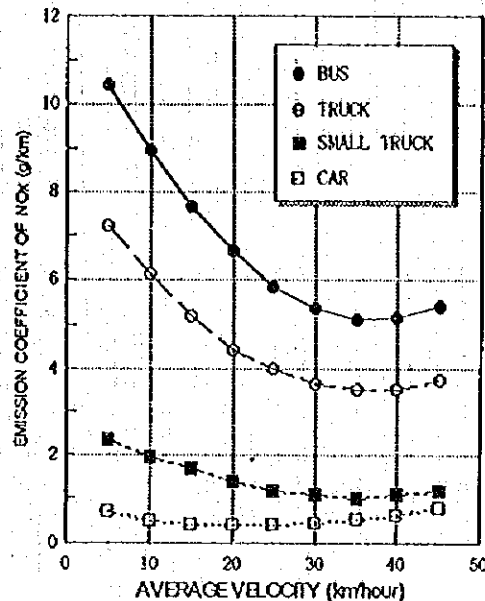


Figura 15.3-12 Relación entre Velocidad del Vehículo y Volumen de la Emisión

(8) Ruido/vibraciones

1) Vías

Se espera que en el año 2020 los niveles de potencia se reduzcan en relación con los del nivel actual, como resultado de las normas sobre ruido de vehículos y la mejora de su eficiencia. Hoy en día, el ruido de los vehículos en Bogotá es mayor que en el Japón. Sin embargo, se asume que en las condiciones futuras se aproxime más al actual de ese país.

De acuerdo con el método de proyección, aunque la fórmula del nivel de potencia se basa en la de ASJ, la relación de potencia entre los vehículos pequeños y los grandes se aplica con base en los valores encuestados, debido a que los vehículos de Bogotá son más pesados que los del Japón.

$$L_w = 65,1 + 20 \log_{10} V + 10 \log_{10} (a_1 + 4,4 a_2) \text{ JAPON hoy}$$

$$L_w = 65,1 + 20 \log_{10} V + 10 \log_{10} (a_1 + 7,9 a_2) \text{ BOGOTA en el futuro}$$

Con base en la fórmula de nivel de potencia arriba mencionada, se calculó la distribución del nivel de ruido L50 para el año 2020. Las tres secciones previstas dentro de la planeación de las autopistas son las siguientes: Carrera 7, como vía V-2; Canal de los Molinos en la zona residencial; Avenida 68 como la V-1. En cuanto al volumen del tráfico, de acuerdo con las horas, la relación de los grandes vehículos y la velocidad se determinaron así:

- a) Volumen de tráfico por hora; El volumen de tráfico en las horas pico corresponde al valor del volumen del tráfico diario de la red futura multiplicado por 0,08 como coeficiente de las horas pico.

- b) Relación de los grandes vehículos ; El valor se clasifica por el volumen del tráfico diario en la clasificación de los tipos de vehículos.
- c) Velocidad ; Se prevé la velocidad de diseño.

En el Tabla 15.3-7 aparecen las condiciones de los cálculos arriba mencionados.

**Tabla 15.3-7 Condiciones en que se hicieron los Cálculos**

	Road Structure	Daily Traffic Volume	Peak Hourly Traffic Volume	Ratio of Large vehicles	Velocity (km/hour)
Cr.7	At-grade road(186)	89442	7155	0.121	40
	Elevated highway(hw3040)	56686	4535	0.190	60
Canal	Elevated highway(hw3041)	12285	983	0.080	60
Av.68	At-grade road(295)	186333	14907	0.083	50
	Elevated highway(hw3047)	53769	4302	0.033	60

Con base en estos datos, se proyectaron los resultados del cálculo mediante el método de la ASJ, que aparecen en la Figura 15.3-13 a.b.c. El Leq corresponde a L50 más 2-3 dB. De acuerdo con esta cifras, el ruido del tráfico vial es determinado principalmente por el tráfico a nivel y el efecto del ruido proveniente de las autopistas elevadas, es poco. Así, el efecto del ruido en las residencias a lo largo del Canal de los Molinos, no será mucho. Por otra parte, los niveles de ruido calculados a lo largo de los costados de la carrera 7a. y de las Avenida 68, son casi iguales a los niveles de ruido medidos. Si la meta de la protección ambiental será la del nivel del ruido actual, no será necesario tomar ninguna medida especial contra el ruido. Sin embargo, de acuerdo con las normas ambientales, será necesario adoptar medidas con respecto al ruido en el caso de las vías a nivel. Sin embargo, resulta difícil lograr un aislamiento eficaz en el caso de las vías a nivel, porque si se coloca una barrera alta, que sí es eficaz, tiene un efecto negativo en el funcionamiento de la vía y en el paisaje. Por lo tanto, se recomienda instalar una barrera baja, bordeada de arbustos, que reduzca los niveles de ruido en 2 - 3 dB.

## 2) Ruido de la Línea Férrea

El ruido de la línea férrea se calcula utilizando el método de predicción de ruido de las vías elevadas utilizado por el Gobierno Metropolitano de Tokio. Sin embargo, este método de predicción se aplica al HRT japonés, que se basa en condiciones tales como estructuras RC, carrileras de balastro, rieles largos, etc. Así que el resultado proyectado indica solo aproximadamente la tendencia del nivel del ruido. El método de predicción es el siguiente:

$$L_A = 10 \log_{10}(10^{L_{A1}/10} + 10^{L_{A2}/10})$$

$$L_{A1} = L_{W1} - 8 - 10 \log_{10} r_1 + 10 \log_{10} ((1/2r_1)/(1/(2r_1)^2) + \tan^{-1}(1/(2r_1))) + \alpha_d$$

$L_{A1}$  : Ruido rodante (dBA)

$L_{W1}$  : Nivel de potencia del tren (dBA)

$l$  : Longitud del tré(m)

$r_1$  : Distancia desde el centro de la carrilera(m)

$\alpha_d$  : Factor de ajuste de difracción

$$L_{A2} = L_{W2} - 8 - 10 \log_{10} r_2 + 10 \log_{10} (\cos \theta \tan^{-1}(1/2r_2))$$

$L_{A2}$  : Sonido creado por las estructuras (dBA)

$L_{W2}$  : nivel de potencia del ruido creado por las estructuras (dBA)  $L_{W2} = 92$

$r_2$  : Distancia desde el centro de la placa (m)

$\theta$  : Dirección desde el centro de la placa

Los resultados de los cálculos son de acuerdo con el método HRT: longitud de vagones 20m 8 vagones = 160m, velocidad 80 km/h. En el Figura 15.3-13 d aparecen los resultados de los cálculos. El nivel máximo de ruido a 10 m desde el borde de la vía férrea elevada es de 74 dB. Suponiendo que los trenes pasen cada 5 minutos en cada dirección, el nivel equivalente de ruido en una hora será el siguiente:

El nivel de exposición al ruido LAE por tren, es el siguiente:

$$L_{AE} = 74 + 10 \log_{10} 7.2 = 84 \text{ dB (Tiempo de paso} = 160/80 \cdot 3600/1000 = 7.2 \text{ sec)}$$

El nivel equivalente de ruido  $L_{eq}$  por hora es el siguiente:

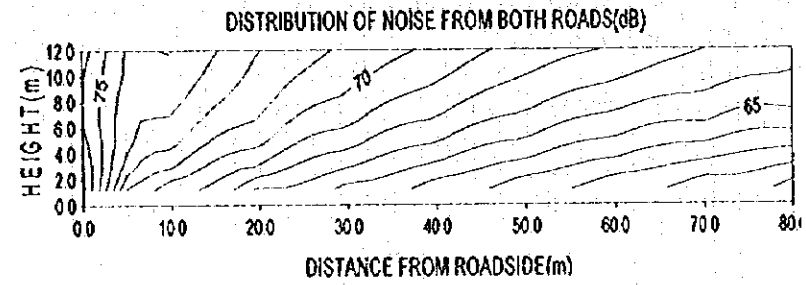
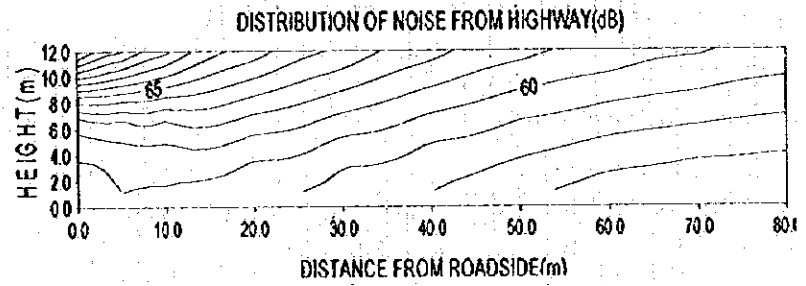
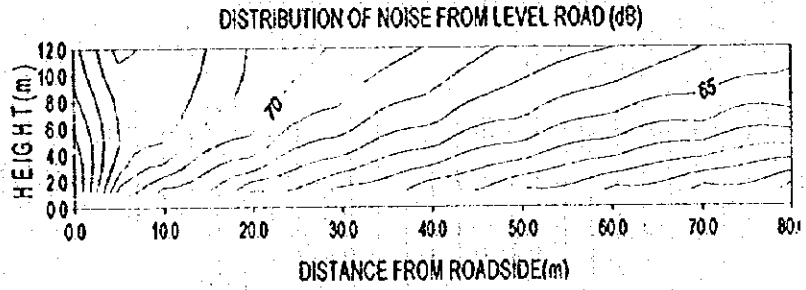
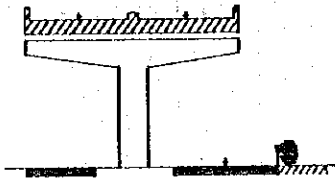
$$L_{eq} = 10 \log_{10} (10^{84/10} \cdot 90/5 \cdot 2/3600) = 61 \text{ dBA}$$

Por lo tanto, el ruido ambiental proveniente de los trenes es de menos del tope de 65 dB exigido en la norma ambiental para áreas residenciales.

#### (9) Amortiguación en el suelo

En Bogotá la superficie del suelo se compone de arena y sedimento y antiguamente existían numerosos humedales. Por lo tanto, cabe esperarse que el suelo se hunda cuando se construyan los cimientos y los túneles. En especial, cuando se utilice el método de armazón (shield method) en un suelo blando, es necesario tener suficientemente en cuenta el hundimiento de la superficie. Entre los factores que provoca el hundimiento de la superficie están la geología, las aguas subterráneas, la sobrecarga, el corte para el túnel, el método de ejecución de las obras, etc. Estos aspectos aparecen ilustrados en el Tabla 15.3-14. Se recomienda una ejecución cautelosa de la construcción, acompañada de un monitoreo en el terreno y del control del hundimiento, utilizando técnicas de inyección de lechada, que no contaminen el suelo.

a. Carrera 7



b. Canal de los Molinos

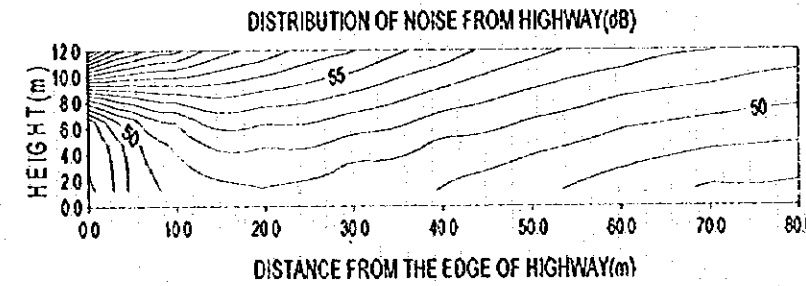
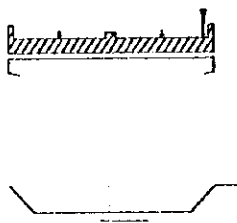
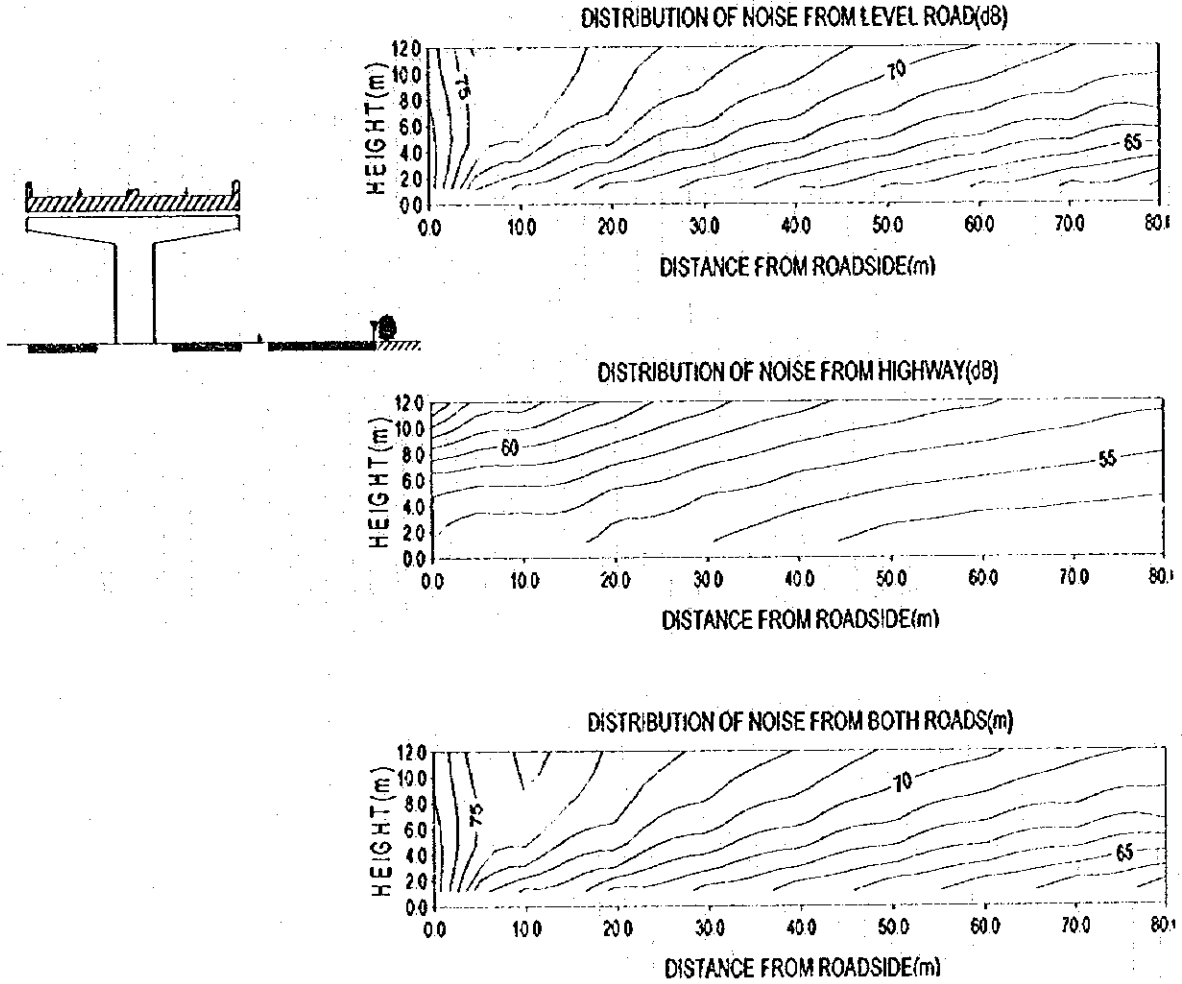


Figura 15.3-13 a, b Distribución del Nivel del Ruido

c. Avenida 68



d. Railway

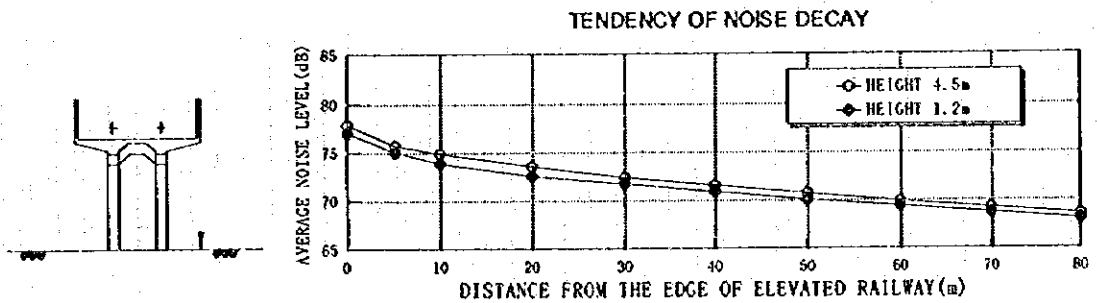
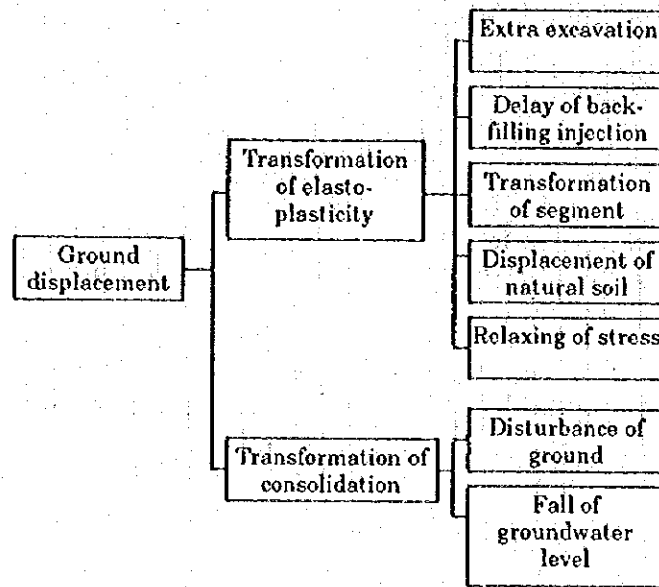


Figura 15.3-13 c, d Distribución del Nivel del Ruido



**Figura 15.3-14 Factores que Afectan el Desplazamiento del Suelo Utilizando el Método de Armazón del Túnel (Shield Method)**

## 15.4 Evaluación del Tráfico

En las secciones anteriores, se hicieron las evaluaciones económica, financiera y ambiental de los proyectos del plan maestro. En esta sección, se hace una evaluación del tráfico en términos del volumen del tráfico, el volumen de viajes de pasajeros para las vías de buses y la línea férrea, velocidad de viaje y, longitud de las congestiones.

Los Tablas OD de los años 2001, 2010 y 2020, correspondientes a los planes de corto, mediano y largo plazo, fueron asignados a la redes con plazos de tres años en los proyectos del Plan Maestro, con el fin de evaluar los aspectos relacionados con el tráfico.

### (1) Volumen del Tráfico

En los Tablas 15.4-1 y 15.4-2 se presentan el volumen de tráfico y el tiempo de viaje en PCU-km y en PCU-hora, respectivamente. En las Figuras 15.4-1 y 15.4-2 aparecen estas tasas de cambio para los tres años meta. La PCU-km se eleva ligeramente en el año 2010 y luego, sufre un aumento espectacular en el año 2020. En el año 2020, la tasa es de 2.3 veces la cifra actual, calculada de acuerdo con la asignación del tráfico, mediante la aplicación de la tabla OD actual y la red actual de transporte.

Por otra parte, la infraestructura de transporte aumenta durante el plazo de planeación acumulativa, durante el cual el porcentaje aumenta a la misma tasa que la PCU-km hasta el año 2010. En el año 2020, la tasa de aumento de la infraestructura es mucho menor que la del PCU-km. Eso quiere decir que la infraestructura de transporte no será suficiente para lograr un aumento del volumen del tráfico. Además, al parecer, en el año 2020, se producirá algún desequilibrio entre la demanda y la oferta.

En lo que respecta al volumen de tráfico correspondiente a cada infraestructura, en el año 2020 la infraestructura vial predominará en un 90% en relación con todas las demás infraestructuras, seguida en un 5% por las vías expresas, en 2% por la línea férrea y en 2% por la vía expresa de buses.

Las condiciones arriba descritas también se ilustran en las figuras que presentan las cifras de PCU-hora. En el años 2020, el tiempo de viaje en PCU-hora aumenta en 2.7 veces la cifra actual. La tasa es un poco más alta en comparación, en 2,3 veces el PCU-km. La reducción de la velocidad de viaje es notable, en comparación con el aumento del volumen de tráfico.

En comparación con el caso de "no hacer nada", en el cual no se realizaría el plan futuro de transporte, (como aparece en la Figura 15.4-1 y Figura 15.4-2), la PCU-hora en el año 2020 será radicalmente diferente, en cuanto al aumento en relación con la cifra actual, entre los casos del Plan Maestro y el caso de no hacer nada. El caso de "no hacer nada" corresponde a 8,7 veces en PCU-hora, en comparación con 2,7 en el Caso del Plan Maestro. En cuanto al PCU-km, ambas cifras son en cada caso ligeramente diferentes. Esto parece indicar que la congestión de tráfico será considerablemente peor si se escoge el caso de no hacer nada.

**Tabla 15.4-1 Volumen de Tráfico en PCU-km**

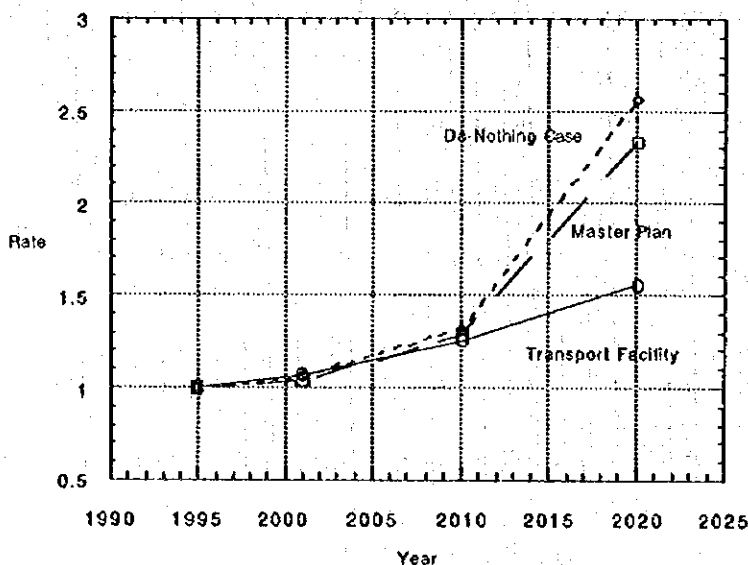
(unit: ,000 PCU-km)

OD Table Network	Case-1 1995		Case-2 2001		Case-3 2010		Case-4 2020		Case-2/Case-1	Case-3/Case-1	Case-4/Case-1
	Share Rate		Share		Share		Share				
Facility (km)	1071.4		1145.2		1340.9		1675.6		1.069	1.252	1.564
Roads	30,014	1.00	31,201	1.00	35,767	0.93	62,930	0.90	1.040	1.192	2.097
Expressway	0	0.00	0	0.00	1,134	0.03	3,836	0.05	-	-	-
Busway	0	0.00	0	0.00	1,240	0.03	1,447	0.02	-	-	-
Railway	0	0.00	0	0.00	407	0.01	1,536	0.02	-	-	-
<b>Total</b>	<b>30,014</b>	<b>1.00</b>	<b>31,201</b>	<b>1.00</b>	<b>33,548</b>	<b>1.00</b>	<b>69,749</b>	<b>1.00</b>	<b>1.040</b>	<b>1.284</b>	<b>2.324</b>

**Tabla 15.4-2 Tiempo de Viaje en PCU-hora**

(unit: ,000 PCU-hour)

OD Table Network	Case-1 2001		Case-2 2001		Case-3 2010		Case-4 2020		Case-2/Case-1	Case-3/Case-1	Case-4/Case-1
	Share Rate		Share		Share		Share				
Facility (km)	1071.4		1145.2		1340.9		1675.6		1.069	1.252	1.564
Roads	1,222	1.00	1,074	1.00	1,263	0.93	3,003	0.90	0.879	1.033	2.457
Expressway	0	0.00	0	0.00	33	0.02	273	0.08	-	-	-
Busway	0	0.00	0	0.00	56	0.04	37	0.01	-	-	-
Railway	0	0.00	0	0.00	9	0.01	34	0.01	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1,222</b>	<b>1.00</b>	<b>1,074</b>	<b>1.00</b>	<b>1,361</b>	<b>1.00</b>	<b>3,347</b>	<b>1.00</b>	<b>0.879</b>	<b>1.114</b>	<b>2.739</b>



**Figura 15.4-1 Relaciones de Cambio del Volumen de Tráfico en PCU-km**

**(2) Volumen de Viaje**

En el Tabla 15.4-3 aparece el volumen promedio de viaje para cuatro estructuras de transporte: vías regulares, vías expresas urbanas, vías expresas para buses y línea férrea. Las cifras correspondientes a la red vial son las del volumen promedio de tráfico en PCU/km en las dos direcciones, en todas las vías del Area del Estudio. En lo que corresponde a los servicios de transporte público, el volumen promedio de viaje en términos de pasajeros/km, en doble vía en cada estructura, aparece ilustrado en dicha tabla.



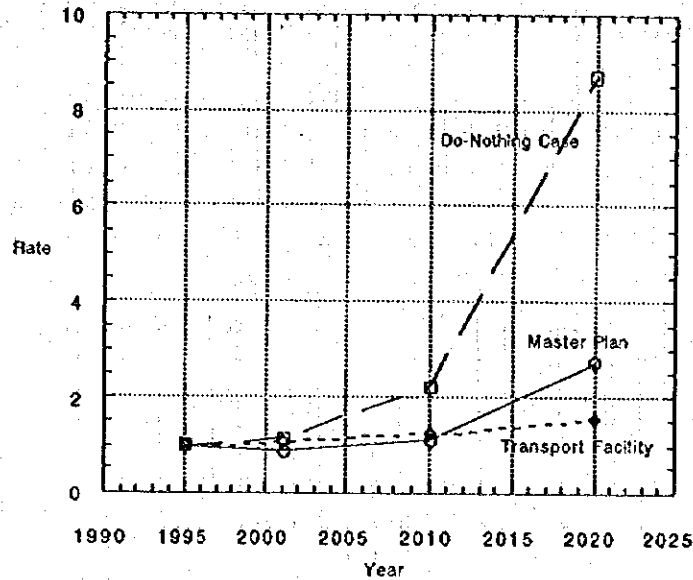


Figura 15.4-2 Relaciones de Cambio del Tiempo de Viaje

El volumen de tráfico de las principales vías (V-3 o más) aumenta de 28.000 PCU/km en 1995, a 42.000 en el año 2020. En las vías expresas urbanas, las cargas serán de 60.000 a 65.000 PCU/km. Los volúmenes casi igualan esa capacidad.

La vía expresa de buses y la línea férrea atenderán de 400.000 a 460.000 personas/km, en doble vía, para las vía de buses y, 600.000 a 850.000 personas por kilómetro, en doble vía, en el caso de la línea férrea. Las vías para buses exceden ligeramente la capacidad en el año 2010, mientras las línea férreas tiene suficiente capacidad de pasajeros. En el año 2020, el servicio de línea férrea de una sola línea se torna mas difícil para atender la demanda creciente de pasajeros. Esto parece indicar que será necesario planear la construcción de numerosas líneas férreas a partir del año 2020.

Tabla 15.4-3 Volumen Promedio de Viaje de Acuerdo con las Distintas Modalidades de Transporte

		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-2/Case-1	Case-3/Case-1	Case-4/Case-1
		1995	2001	2010	2020			
Network		1995	2001	2010	2020			
Facility (km)	(km)	1071.4	1145.2	1249.8	1489.7	1.069	1.167	1.390
Roads	(pcu/km/dual)	28,015	27,322	28,618	42,244	0.975	1.022	1.508
Expressway	(pcu/km/dual)	0	0	64,257	59,461	-	-	-
Busway	(person/km/dual)	0	0	455,689	375,472	-	-	-
Railway	(person/km/dual)	0	0	567,194	842,310	-	-	-

### (3) Velocidad de Viaje

Las velocidades promedio de viaje en cada modalidad aparecen en el Tabla 15.4-4 y en la Figura 15.4-3. La velocidad promedio de viaje es un índice típico del nivel de servicio. De aquí al año 2010, será ligeramente mejor. Las cifras aumentarán de 25 km/h, actualmente, a 28 km/h en el año 2010. En el año 2020, la velocidad promedio de viaje disminuye a 21 km/h, lo que equivale a 0.85 actualmente. Es obvio que el nivel de servicio presentado en el Plan Maestro no alcanza el nivel actual.

La velocidad de viaje en las vías expresas urbanas se estimará en 14 km/h, que es menos que en las vías ordinarias (21 km/h). Esto se debe a que las rutas de las vías expresas estarán situadas en la

zona congestionada del Centro. En cambio, las vías expresas para buses y la línea férrea prestarán un servicio de un mejor nivel.

En comparación con el caso de no hacer nada, que aparece en la Figura 15.4-3, la velocidad de viaje en el año 2020 es radicalmente distinta a la cifra actual, en cuanto a la relación de aumento, entre el Plan Maestro y el caso de no hacer nada. En el caso de no hacer nada, la cifra es de 0,3 veces la actual, mientras que en el Plan Maestro es de 0,85. Esto indica que la congestión de tráfico, de no hacer nada, será considerablemente mayor.

Tabla 15.4-4 Velocidad Promedio de Viaje por Modo

(unit: km/h)

	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-2/Case-1	Case-3/Case-1	Case-4/Case-1
OD Table	1995	2001	2010	2020			
Network	1995	2001	2010	2020			
Facility (km)	1071.4	1145.2	1340.9	1675.6	1,069	1,252	1,564
Roads	24.6	29.1	28.3	21.0	1,183	1,150	0,854
Expressway	0.0	0.0	34.1	14.1	-	-	-
Busway	0.0	0.0	22.2	39.1	-	-	-
Railway	0.0	0.0	45.0	45.0	-	-	-
Total	24.6	29.1	28.3	20.8	1,183	1,150	0,846

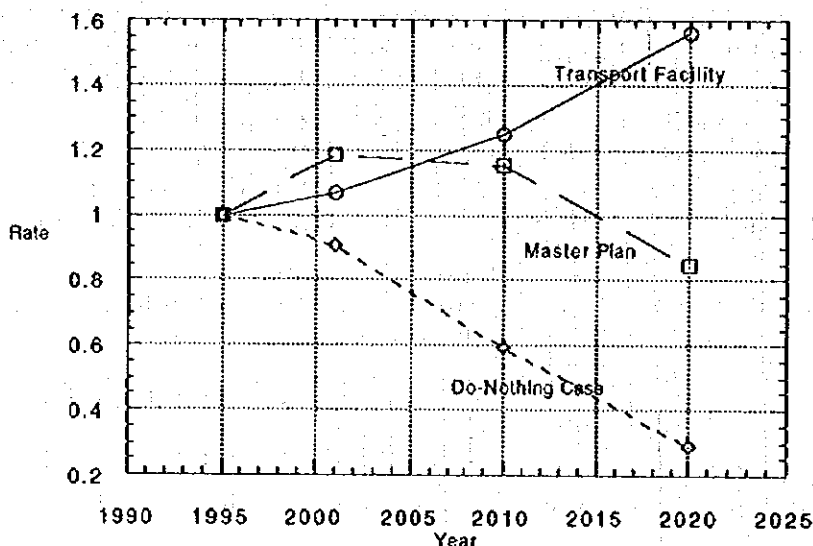


Figura 15.4-3 Tasas de Cambio de la Velocidad de Viaje

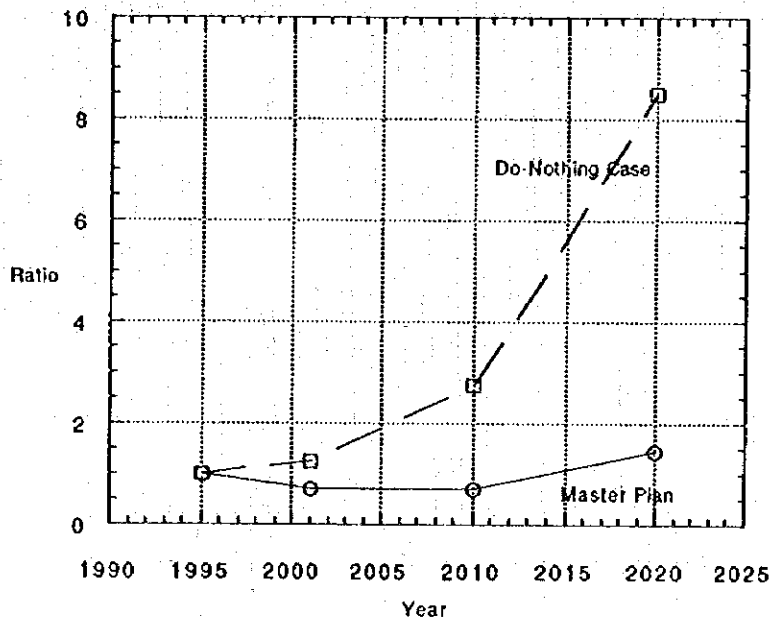
#### (4) Congestión de Tráfico y de Transporte

En la Tabla 15.4-5 se ilustra la congestión de tráfico y de transporte en términos de la relación de la longitud de congestión con la longitud total, de menos de 10 km/h. De 1995 al año 2010, será ligeramente mejor. Las cifras aumentan del 8,1% actualmente, a 5,8% en el año 2010. Es obvio que el nivel de servicio propuesto en el Plan Maestro no se está prestando con el nivel actual.

En la Figura 15.4-4 aparece la tendencia de cada año meta en comparación con el caso de no hacer nada. Hasta el año 2001, en ambos casos, el caso de no hacer nada y el Plan Maestro, son ligeramente diferentes en cuanto a la longitud de la congestión. A partir del año 2010, ambos casos muestran una diferencia entre sí, y el caso de no hacer nada indica una severa congestión.

**Tabla 15.4-5 Relación de la Longitud de la Congestión del Tráfico (Menos de 10/km/h)**

(Ratio of PCU-km with less than 10km/h)							
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-2/Case-1	Case-3/Case-1	Case-4/Case-1
OD Table	1995	2001	2010	2020			
Network	1995	2001	2010	2020			
Roads	0.081	0.057	0.059	0.112	0.706	0.730	1.391
Expressway	0.000	0.000	0.000	0.324	-	-	-
Busway	0.000	0.000	0.095	0.000	-	-	-
Railway	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-
<b>Total</b>	<b>0.081</b>	<b>0.057</b>	<b>0.058</b>	<b>0.119</b>	<b>0.706</b>	<b>0.716</b>	<b>1.476</b>



**Figura 15.4-4 Longitud de la Congestión de Tráfico (Menos de 10 km/h)**

**(5) Volumen de Tráfico en los Límites de Bogotá**

Dentro del marco socioeconómico del plan, la población en las ciudades adyacentes aumentará de 800.000 en 1995 a 2.400.000 en el año 2020. La demanda futura de los viajes que fluyen hacia Bogotá, de personas que viven fuera de Bogotá, aumentará en aproximadamente en 3 veces la actual. En el Tabla 15.4-6 aparece el volumen de tráfico que saldrá del perímetro urbano de Bogotá, según las principales direcciones, entre los años 2001 y 2020.

La relación de aumento del volumen de tráfico de 1995 a 2020, hacia la periferia de Bogotá, es de 3,64 veces el volumen actual. La relación de aumento en dirección noroeste y oeste es mayor en 3,33, con exclusión de la dirección sur, debido a que el volumen es actualmente menor, seguida por 3,16 en dirección norte y, 2,18 en dirección sudoeste.

El volumen de pasajeros que cruza los límites de Bogotá corresponde aproximadamente a un millón de viajes en ambas direcciones, con excepción de la dirección este.

Tabla 15.4-6 Volumen de Tráfico hacia la Periferia de Bogotá, por Direcciones

Direction	City	Major Roads	1995	2001	2010	2020	2020	Increase Ratio		
			(unit: 100 PCU/day)				1000 persons	2001/1995	2010/1995	2020/1995
North	Chía Cajica	Autopista Norte	153	163	212	428	124	1.07	1.45	3.16
		Av. Boyacá Expansion	173	185	271	602	160			
		Total	326	348	483	1,030	284			
Northwest West	Cota Tenjo Funza Mosquera Madrid Bojaca	Av. San José	-	-	-	507	101	1.04	1.76	3.33
		Av. Cota	99	246	510	164	23			
		Autopista Medellín	152	309	448	610	78			
		Av. José Celestión	-	-	-	68	9			
		Av. Centenario	558	290	359	131	49			
		Autopista Las Américas	-	-	-	929	201			
		Av. 1 de Mayo	-	-	105	287	47			
Total	809	845	1,422	2,696	508					
Southwest	Soacha	Autopista Sur	68	70	74	148	54	1.03	1.09	2.18
		Total	68	70	74	148	54			
South	Sumapaz Caqueza	Av. Circunvalar	47	47	52	148	56	7.13	8.40	14.30
		Autopista Al Llano	-	288	343	517	82			
		Caminó de Pasquilla	-	-	-	12	13			
		Total	47	335	395	672	151			
Grand Total			1,250	1,598	2,374	4,546	997	1.28	1.90	3.64

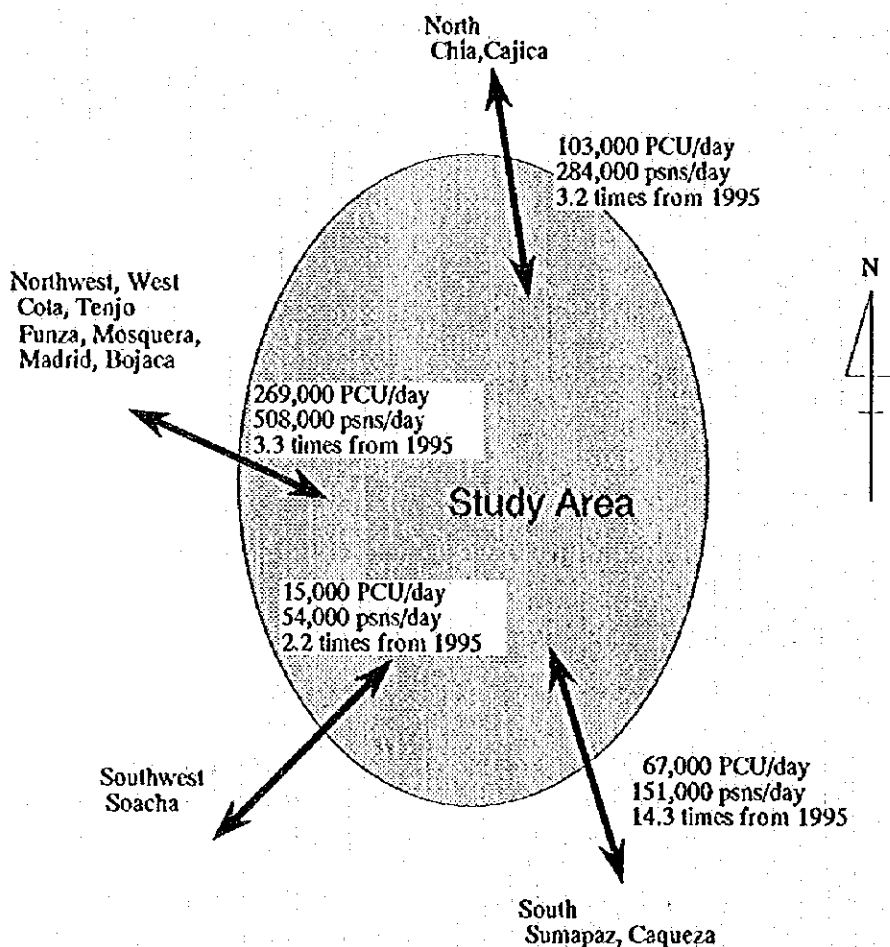


Figura 15.4-5 Volúmenes de Tráfico y Pasajeros en la Zona Suburbana de Bogotá

## 15.5 Evaluación General

Actualmente, el estudio de los problemas de transporte de Bogotá revela que el problema más grave radica en la congestión de tráfico. Que, si se mide de acuerdo con las velocidades de tráfico, es peor en el Centro de Negocios de la ciudad, a pesar de que allí hay menos vehículos per cápita. El otro problema es el bajo nivel del servicio de transporte público. Hay problemas que resultan principalmente de una interacción entre los niveles crecientes de población, una urbanización cada vez mayor y el aumento de los ingresos per cápita, la cual ejerce una fuerte influencia en la demanda de viajes de la gente y de la carga. Hoy en día, estos problemas se extienden a la totalidad de la ciudad.

Se calcula que de aquí al año 2020, la población de Bogotá será de 1.100 millones de habitantes, incluyendo los municipios adyacentes, de los cuales 865 millones corresponden al Área del Estudio, o sea, un aumento de casi 1,4 veces la población del Área del Estudio. Asimismo, contando con que el área de urbanización se extenderá más allá del perímetro urbano de Bogotá, se prevé que la urbanización de Bogotá se extienda hasta las ciudades adyacentes. El crecimiento económico en términos de PIB será de casi 3,5 veces. Todos estos factores contribuirán a aumentar la demanda de viajes, que se calcula en 1,55 veces la actual en toda el Área del Estudio. Las proyecciones indican una alta tasa de aumento del modo privado (vehículos de pasajeros). Su cifra alcanza 2,2 veces. Esta demanda tendrá que ser tomada en cuenta en el plan de transporte vial.

En general, el problema del transporte ha sido descrito de manera simplista por varios observadores, como un desequilibrio entre la oferta y la demanda de infraestructura y servicios de transporte. Muy comúnmente, los problemas de transporte urbano suelen atribuirse al vehículo o provocados por éste. La mejora de la infraestructura favorecerá a los usuarios de vehículos privados, cuya demanda de viajes corresponde a una gran parte de la demanda total. Sin embargo, en Bogotá, actualmente la tasa de demanda de los pasajeros de transporte público es notablemente mayor (el 80% de todos los modos motorizados), de acuerdo con los datos de la encuesta de PT. En el futuro, la relación se calcula en 60%. Como en el futuro en Bogotá predominará el transporte público, la planeación del plan maestro está orientada hacia este modo de transporte.

En el Plan Maestro, se contemplan tres proyectos principales: el proyecto que comprende las vías expresas urbanas, las vías expresas para buses y la línea férrea, previsto para el año 2020. Los proyectos de vías expresas se elaborarán principalmente para el modo privado y los proyectos para buses y línea férrea, que corresponden al transporte público, se proyectan en términos de demanda de viajes. Estas proyecciones se hicieron con base en los resultados de la interacción entre el aumento de población, los factores de crecimiento económico que influyen en el PIB, los ingresos y, la propiedad de vehículos, que tienen una influencia directa en la demanda.

El nivel de servicio en cuanto a velocidad de viaje o nivel de congestión como resultado de la oferta de los proyectos propuestos en el Plan Maestro, no será suficiente para atender la demanda, a pesar de que se espera que las condiciones se mejorarán en los años intermedios. Esto se debe a limitaciones importantes en los recursos financieros disponibles y la poca posibilidad de generar ingresos dentro del mismo sector del transporte. La dificultad radicará en igualar la oferta con la demanda. Para mejorar el nivel de servicio en relación con el actual, se necesitan actualmente inversiones enormes. Y eso no es posible en la actualidad.

Con el fin de mejorar el efecto de la inversión de los proyectos ante las condiciones de restricción de fondos, en el futuro será indispensable controlar la demanda de viajes. En especial, será importante desviar la demanda futura de viajes del modo privado hacia el modo público, para poder mejorar el nivel de servicio en toda el Área del Estudio. Para poder abandonar el modo privado en favor del público, habrá que establecer, sobre todo, un servicio adecuado de transporte público, por

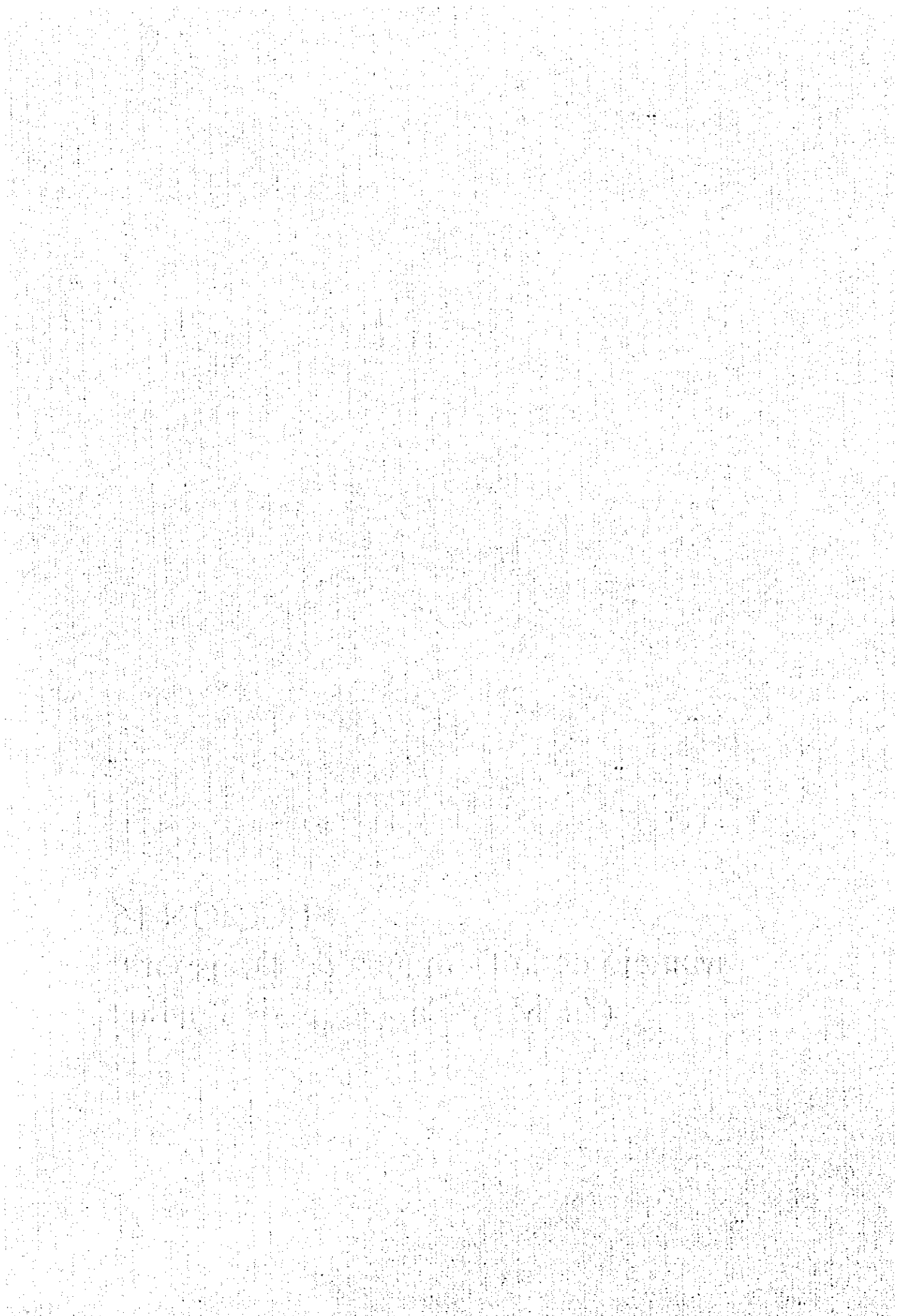
el que se pueda mejorar el bajo nivel de servicio actual y aumentar la comodidad de los pasajeros.

Los planes en que se incluye la introducción del TDM, lo que no es fácil debido a que se restringirá el libre uso de vehículos de pasajeros, no podrán utilizarse dentro del Plan Maestro, pues existen demasiadas incertidumbres para poderlos incluir. Por lo tanto, el Plan Maestro se hizo sin tomar en cuenta el TDM. El TDM sólo se examina como estudio de caso en el Capítulo 16, y su reducción de la demanda mediante el cambio de la demanda de tráfico del modo privado hacia el público, disuadiendo al público de que posea y utilice vehículos privados, se calcula en el sentido de que con él podría prestarse un mejor servicio de transporte público. También se analizan los ingresos de los impuestos cobrados a los usuarios de vehículos, los cuales se destinarían para financiar los proyectos del Plan Maestro.

Uno de los propósitos de la política de control de la demanda, es obtener ingresos de un impuesto que se denominaría "impuesto de congestión" y se cobraría a los usuarios para destinarlos a la financiación del transporte, así como para evitar congestiones futuras y emprender esfuerzos para reducir la demanda mediante alguna medida o serie de medidas. De acuerdo con el cálculo de los ingresos de los impuestos estimados durante el examen del TDM (véase Capítulo 16), el monto se aproxima al costo total de los Proyectos del Plan Maestro. Cabría, además, analizar en mayor detalle si los fondos que generen los ingresos de los impuestos se destinarán para fines de transporte.

El Plan Maestro se formula sobre el supuesto de que la demanda futura de viajes se calcule en el marco socioeconómico futuro. Las variaciones estimadas en la población y/o crecimiento económico inciden en la demanda futura de viajes y, por lo tanto, se requeriría hacer modificaciones en los proyectos del Plan Maestro. En este caso, será preciso que el Plan Maestro sea revisado a la luz de los cambios en el marco socioeconómico, utilizando el Modelo de Transporte de JICA, el cual se explica en el Manual del Usuario Anexo.

**SECCION 16**  
**Manejo de la Demanda de Transporte**  
**(TDM) y Captación de Fondos**





## 16. MANEJO DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE (TDM) Y CAPTACION DE FONDOS

### 16.1 Introducción

El Plan Maestro Total de Transporte Urbano para Bogotá se formula de acuerdo con la demanda futura de viajes, la cual se analizó en el Capítulo 15 anterior. En el año 2020, el volumen del tráfico en el Area del Estudio aumentará en 1,55 veces el actual, del cual el aumento de 2,32 veces corresponde al tráfico de vehículos privados y el de 1,35 veces, al transporte público. En el futuro, el aumento del volumen de tráfico de vehículos privados será considerablemente mayor al del público.

Está claro que los proyectos de transporte vial y de transporte público del Plan Maestro no serán suficientes para atender el volumen futuro de tráfico, desde el punto de vista del nivel de servicio de tráfico. El Plan Maestro no podrá prestar el mismo nivel de servicio que el actual, debido al limitado presupuesto. Si la congestión de tráfico al nivel actual se alivia únicamente mediante el suministro de una mejor infraestructura de transporte, el costo de inversión será enorme. Por lo tanto, para que la inversión en los proyectos resulte más efectiva, será indispensable controlar la demanda de viajes en el futuro. En especial, será importante desviar la demanda futura de viajes del modo privado hacia el modo público, con el fin de mejorar el nivel de servicio en toda el Area del Estudio. En la Figura 16.1-1 aparece el círculo infinito de la oferta y la demanda, que se mencionó anteriormente.

El Manejo de la Demanda de Transporte, concepto recién desarrollado en los Estados Unidos de América, se examina como un sistema nuevo de manejo en el cual se adopta un enfoque estratégico para evitar la congestión de tráfico. El propósito de la política de control de la demanda de tráfico es evitar la congestión futura mediante proyectos de reducción de la demanda a través de la aplicación de algún tipo de medidas o series de medidas, y obtener ingresos tributarios, como los que generaría un impuesto sobre la congestión, que se cobraría a los usuarios y los ingresos se destinarían a la financiación del sistema de transporte.

Las medidas para el Manejo de la Demanda de Transporte (MDT) comprenden el manejo del crecimiento del tráfico, el cobro de peajes, zonas restringidas al tráfico de automóviles, el manejo del parqueo, el impuesto a los combustibles, los horarios fr trabajo alternados, etc. Sin embargo, la introducción del MDT no es fácil porque se restringiría el uso libre de vehículos de pasajeros, aunque en varios países de Europa, Asia y Estados Unidos, esa modalidad ya se ha introducido o se está planeando. Por lo tanto, es difícil obtener el consenso de los propietarios de vehículos sobre un uso restringido de estos. En especial, la encuesta del PT en el Estudio, reveló que los propietarios de vehículos tienen una fuerte inclinación a utilizar sus vehículos, y que los utilizarán cuandoquiera y dondequiera que puedan.

En este capítulo se examinan las medidas de MDT del Plan Maestro y la reducción de la demanda mediante el desvío de la demanda de tráfico del modo privado hacia el modo público, y formas de disuación para que no se adquieran nuevos vehículos, o no se utilicen, mediante un mejor servicio del transporte público. A su vez, se analiza la posibilidad de destinar los ingresos de los impuestos a los usuarios de vehículos privados, a los proyectos del Plan Maestro.

Como en este informe resulta difícil recomendar las medidas más frecuentemente propuestas para Bogotá, sólo se realizó un estudio de caso. Esto se debe a la dificultad de introducir una medida con preferencia a muchas otras, en Bogotá. Para introducir medidas en Bogotá es preciso

profundizar su estudio. En cada Sección se analizaron y se calcularon los efectos de cada medida introducida.

En la Figura a continuación aparece el Diagrama de Flujo del Manejo de la Demanda de Transporte.

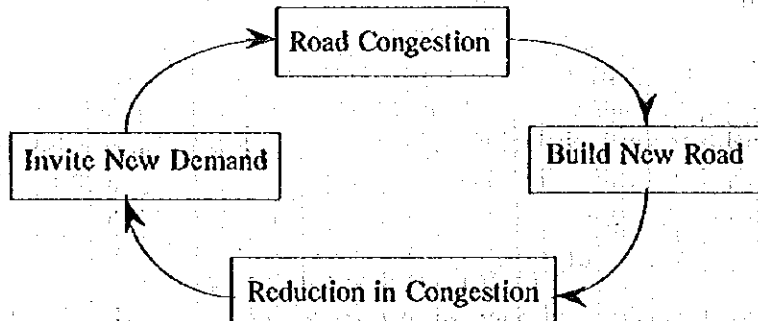


Figura 16.1-1 El Círculo Infinito de la Oferta y la Demanda

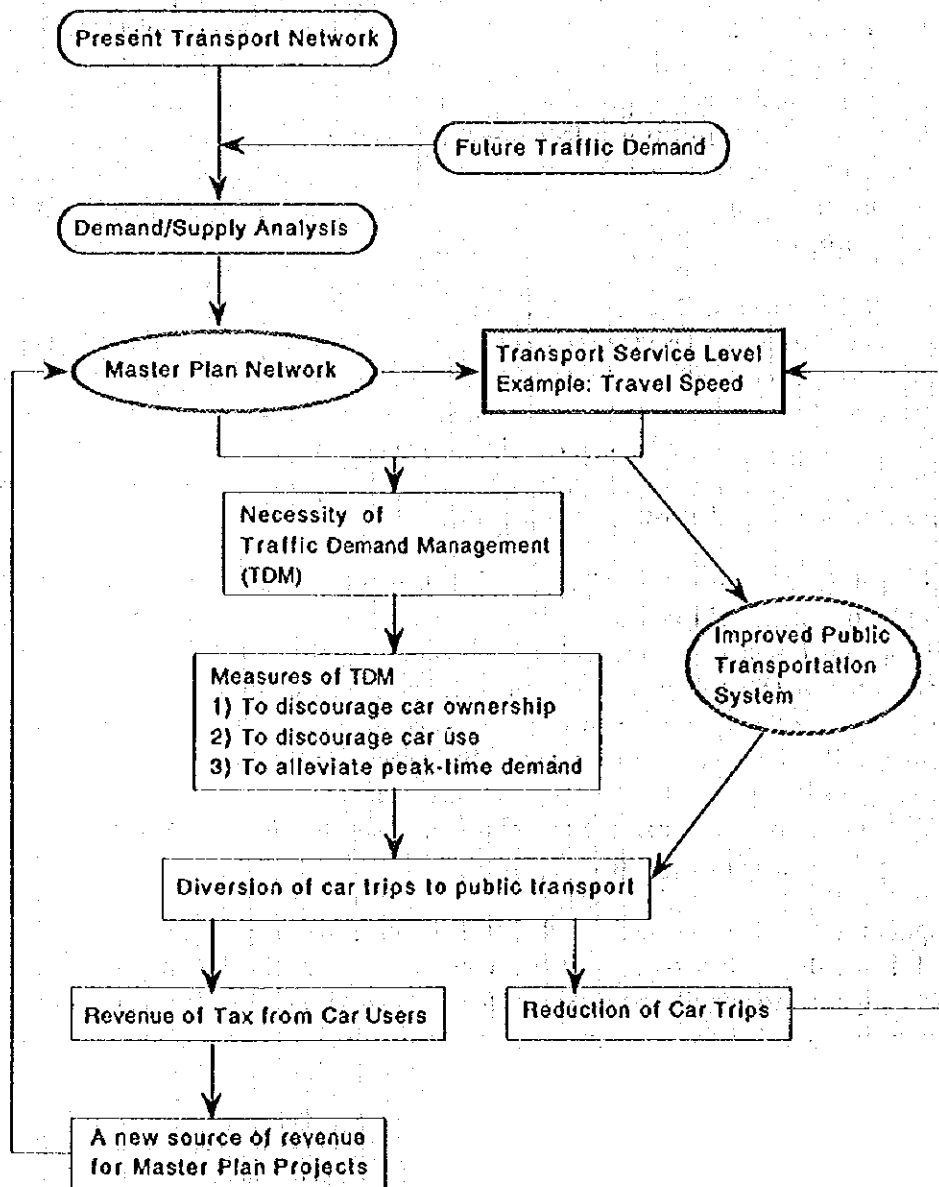


Figura 16.1-2 Diagrama de Flujo para el Manejo de la Demanda de Transporte

## 16.2 Medidas para el Manejo de la Demanda de Transporte

A continuación se resumen las principales medidas de manejo de la demanda de transporte. Estas se clasifican en tres categorías: desalentar la propiedad de vehículos, desalentar el uso de vehículos y aliviar la demanda en las horas pico. Estas medidas tienen por objeto restringir el uso de vehículos o la propiedad de vehículos por parte de los propietarios. Estas medidas deberán introducirse en condiciones en que el nivel de servicio del transporte mejore lo suficiente para animar a los propietarios de vehículos a que adopten el transporte público. Esto se debe a que los propietarios de vehículos en Bogotá tienen una fuerte inclinación a utilizar un vehículo, cuando y donde sea posible.

- a) Desalentar la propiedad o adquisición de vehículos
  - A-1. Aumento Planificado de los Vehículos y Emisión Limitada de Placas
  - A-2. Altos Impuestos
- b) Desalentar el uso de vehículos
  - B-1. Sistema de Numeración de Placas
  - B-2. Sistema de Peajes en las Vías (Cobro por Congestión)
  - B-3. Sistema de Concesión de Licencias por Areas (Cobro a la Congestión)
  - B-4. Sistema de Prioridad HOV
  - B-5. Control del Parqueo
  - B-6. Impuesto a los Usuarios de Vehículos
- c) Aliviar la demanda en las horas pico
  - C-1. Horarios de Trabajo Escalonados
  - C-2. Sistema de Horario Flexible

## 16.3 Cómo desalentar la Adquisición de Vehículos

### 16.3.1 Aumento Planeado de los Vehículos y Emisión Limitada de Placas (A-1)

#### (1) Método

La adquisición de nuevos vehículos se autorizará únicamente a los que ya se les haya expedido un número de placa o tengan una cuota asignada de vehículos.

#### (2) Ciudades/países donde se ha aplicado

Singapur

#### (3) Aplicación en Bogotá

Es posible que esta medida sea demasiado estricta para aplicarla en Bogotá.

### 16.3.2 Impuestos Altos (A-2)

#### (1) Método

Se puede desestimular la adquisición de vehículos propios mediante la introducción de altos impuestos a la importación, impuestos de compra, derechos de registro de vehículos y un derecho anual por expedición del pase.

(2) Ciudades/países donde se ha aplicado

Hong Kong, Singapur, Seúl (Corea)

(3) Aplicación en Bogotá

Entre los impuestos a la importación, a la compra y al registro de vehículos, se escogió para el estudio de caso el impuesto a la compra para elevarlo.

En el estudio de caso, se analizó la posibilidad de reducir la adquisición de vehículos mediante la aplicación de un alto impuesto a la compra. En el Tabla 16.3-1 y en la Figura 16.3-1 se describe un sistema de altos impuestos que van del 50% al 200%, en comparación con el 35% del impuesto actual. Al elevar el impuesto de compra del 35% al 50%, la adquisición de vehículos se reducirá en relación con el aumento. En ese caso, los viajes de los vehículos disminuirían en 1.4% como resultado de la disminución de las viviendas motorizadas (3%). En cambio, los viajes de bus aumentarían en 0,3% como resultado del aumento de las viviendas no motorizadas (2,3%). Los viajes totales en el área del Estudio se reducen en 1,2%, al cambiarse por el modo público. Los ingresos de los impuestos ascenderán aproximadamente a 5.460 billones de pesos durante 25 años, de acuerdo con este sistema de reducción de la propiedad de vehículos mediante el aumento de los impuestos (50%).

La eficacia de la reducción de los viajes de vehículos privados mediante el impuesto de compra, de 50% al 100%, es limitada. Para que se logre un alto grado de eficacia como resultado de la reducción del número de viajes, será necesario que el impuesto de compra aumente radicalmente en 100% o más. En estos casos, resulta muy difícil conseguir el consenso de los propietarios de automóviles.

Si bien con la aplicación del impuesto de compra se obtendrían ingresos considerables, es posible sea muy difícil introducir esta medida en Bogotá.

Tabla 16.3-1 Medición de una Tributación Alta (Impuesto de Compra)

1) Price of Middle Class Car	(Peso \$)	20,000,000	22,222,222	25,925,926	29,629,630	33,333,333	37,037,037	40,740,741	44,444,444
2) Purchase Tax Rate		0.35	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
3) Tax	(Peso \$)	5,195,195	7,467,407	11,111,111	14,814,815	15,519,519	22,222,222	25,925,926	29,629,630
4) Reduction Rate of Income		1.000	0.969	0.917	0.864	0.812	0.760	0.708	0.656
5) No. of Cars	Vehículos	1,350,000	1,325,000	1,291,000	1,233,000	1,154,000	1,131,000	1,074,000	1,013,000
6) No. of Households									
(1) Non Motorized	Household	959,915	982,951	1,015,833	1,036,722	1,014,992	1,065,793	1,096,954	1,127,696
(2) Motorized Households	Household	870,123	847,055	814,606	793,317	815,047	764,244	733,055	702,344
7) Ratio									
(1) Non Motorized	Household	0.525	0.537	0.555	0.567	0.555	0.582	0.599	0.616
(2) Motorized Households	Household	0.475	0.463	0.445	0.433	0.445	0.415	0.401	0.384
8) No. of Trips									
(1) Cars	Persons	4,817,199	4,749,028	4,638,894	4,526,014	4,454,373	4,336,629	4,206,421	4,069,970
(2) Buses	Persons	10,595,650	10,624,695	10,679,808	10,737,707	10,795,851	10,867,144	10,932,562	11,007,958
9) No. of Trips									
(1) Cars	Vehículos	2,901,917	2,860,860	2,794,514	2,732,539	2,701,430	2,612,427	2,533,958	2,451,789
(2) Buses	Vehículos	493,646	495,093	497,624	500,359	503,069	506,158	509,439	512,954
(3) Cars + Buses	Vehículos	3,395,573	3,355,953	3,292,138	3,232,898	3,204,499	3,118,585	3,043,427	2,964,743
10) Decrease Ratio of Trips									
(1) Cars		1.000	0.986	0.963	0.942	0.931	0.900	0.873	0.845
(2) Buses		1.000	1.003	1.008	1.014	1.019	1.025	1.032	1.039
(3) Cars + Buses		1.000	0.988	0.970	0.952	0.944	0.918	0.896	0.873
10) Tax Revenue	(Million Pesos \$) (Million US \$)	0	5,459,894	14,145,993	22,250,381	29,263,472	36,579,074	42,619,165	47,502,585
11) Sum Total of Cars Purchased	Vehículos	2,476,506	2,456,952	2,387,136	2,310,665	2,232,260	2,147,033	2,054,855	1,955,560
12) Car Increase Ratio/year		0.041	0.040	0.039	0.037	0.035	0.033	0.031	0.029

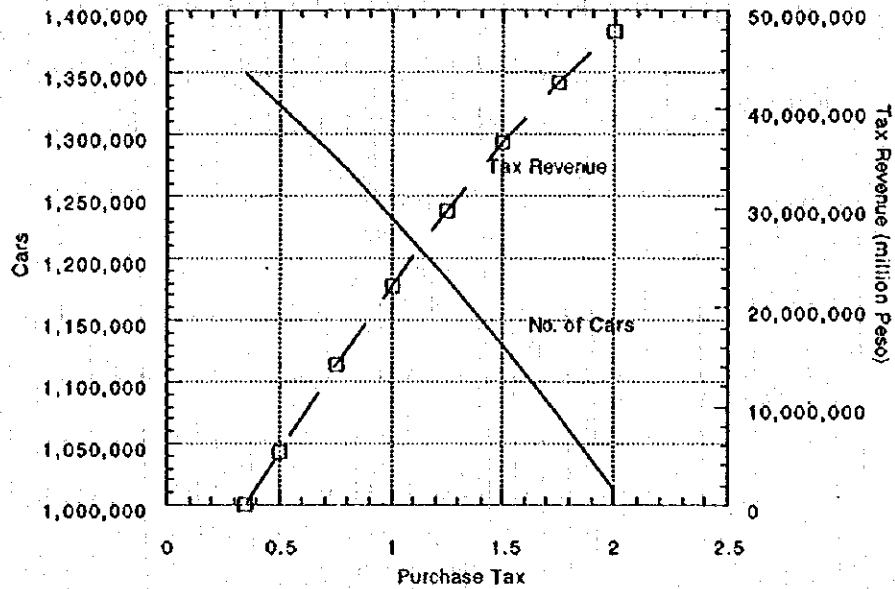


Figura 16.3-1 Relación Entre el Impuesto de Compra y los Ingresos

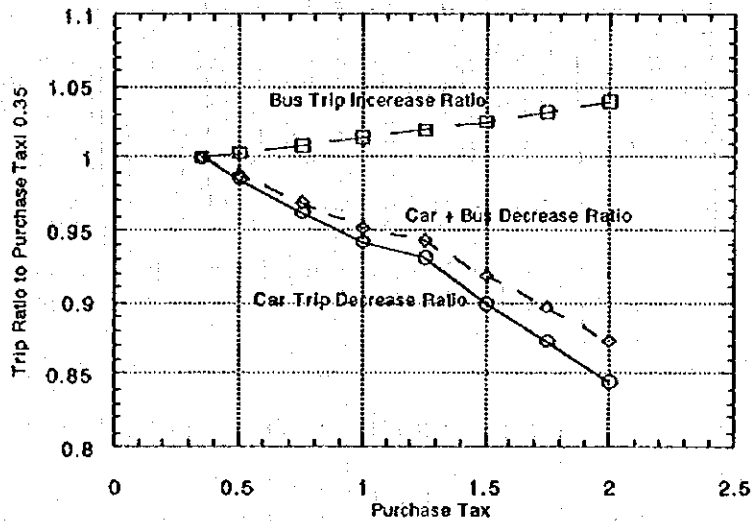


Figura 16.3-2 Relación Entre el Impuesto de Compra y los Viajes de Vehículos Privados y Buses

## 16.4 Cómo desalentar el uso de vehículos privados

### 16.4.1 Sistema de Numeración de Placas (B-1)

#### (1) Método

A los vehículos con placa de número impar no se les permite entrar a las zonas controladas en los días hábiles de número impar y, a los vehículos con placa de número par no se les permite entrar a estas zonas en los días hábiles de número par.

#### (2) Ciudades/países donde se ha aplicado este sistema

Lagos(Nigeria), Seúl (Corea), Atenas (Grecia) y Ciudad de México (México)

### (3) Aplicación en Bogotá

Como primera medida, el sistema de control se aplicaría en la zona comprendida entre la Calle 100, la Avenida Ciudad de Quito, la Calle 6a. y la Carrera 7a.

último dígito del número de la placa	no se le permite entrar en la zona
1 ó 2	Lunes
3 ó 4	Martes
5 ó 6	Miércoles
7 ó 8	Jueves
9 ó 0	Viernes

Esta medida promoverá la propiedad de varios vehículos y resultará injusta en términos de nivel de ingresos. Sin embargo, en Atenas (Grecia), aunque fue evidente la eficacia de la medida cuando se introdujo, ésta disminuyó a medida que aumentó el número de vehículos de propiedad privada.

#### 16.4.2 Cobro de Peaje en las Vías (Cobro por Congestión); (B-2)

Al cobrar a los usuarios de vehículos un "peaje", que represente el costo que crean por la utilización de una vía determinada, los usuarios reaccionarán frente a este costo, así: 1) aceptándolo; 2) adoptando otra modalidad; 3) tomando otra ruta distinta; o 4) desistiendo del viaje. El propósito de fijar un precio o peaje a la vía es "cobrar el tránsito" por las vías rápidas de modo que se reserve la capacidad de la vía para los que estén dispuestos a pagar ese "precio".

El sistema de peajes para las vías se divide en dos categorías: una es cobrar por una vía en particular y, la otra, cobrar en el área congestionada, lo que se describirá en la sección 16.4.3.

##### (1) Método

A los vehículos se les cobra por atravesar las calles durante las horas pico, con excepción de los vehículos públicos y de urgencias.

##### (2) Ciudades/países en donde se ha aplicado este método

En los países extranjeros enumerados a continuación, se han adoptado varios experimentos para los que se ha utilizado equipo especializado (identificación automática de vehículos), para monitorear el uso de vehículos en las áreas o vías congestionadas.

Bergen (Noruega, 1986), Oslo (Noruega, 1990) Trondheim (Noruega, 1991)  
Estocolmo (Suecia, 1996/1997), Stuttgart (Alemania, 1994/1995)

##### (3) Aplicación en Bogotá

###### 1) Ruta

Ave. Caracas (Calle 26 - Calle 100)  
Cra. 7a. (Calle 26 - Calle 100)

###### 2) Periodo de Cobro

6:30 - 8:30 p.m.

###### 3) Tasa de Peaje

a) Diaria 1.000 pesos

- b) Semanal 4.000 pesos
- c) Mensual 12.000 pesos

**16.4.3 Concesión de Licencias por Area (Cobro por Congestión); (B-3)**

**(1) Método**

A los vehículos se les cobra por entrar a una zona congestionada durante las horas pico, con excepción de los vehículos públicos y de urgencias.

**(2) Ciudades, países en donde se ha aplicado**

Singapur: se encuentra en el proceso de introducción del sistema electrónico de Fijación de Peajes para las Vías.

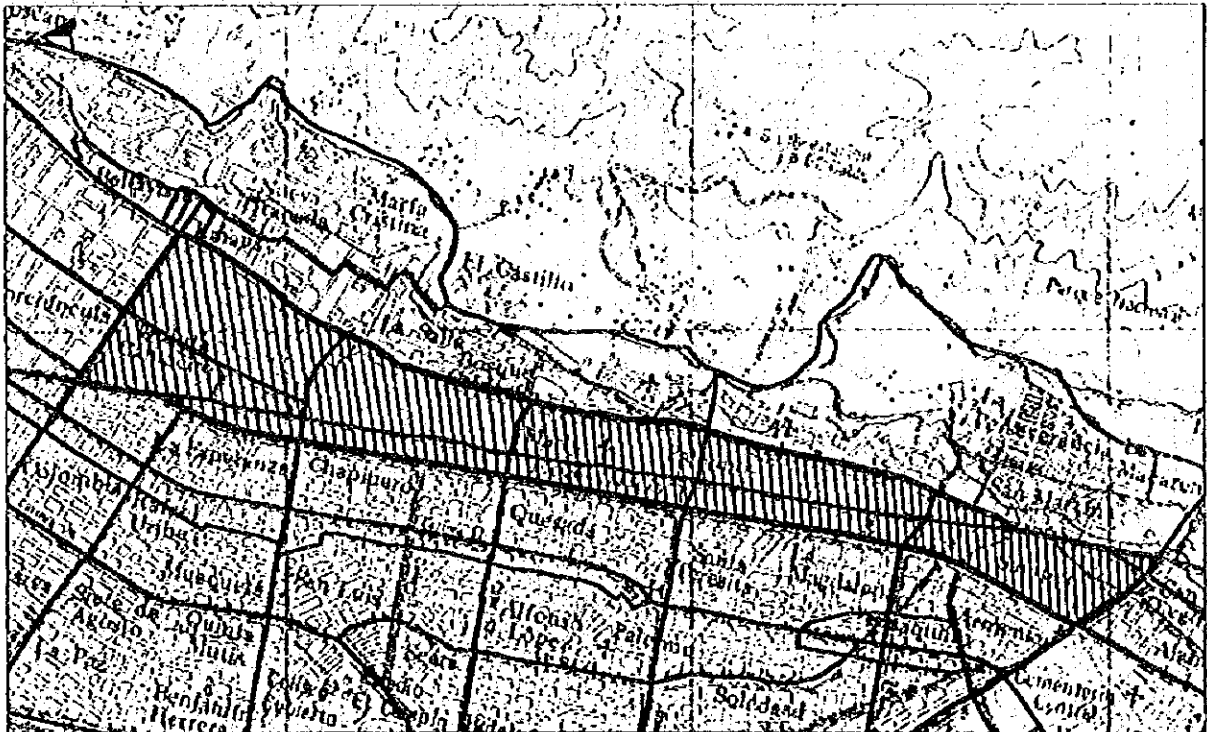
**(3) Aplicación en Bogotá**

**1) Método**

Los vehículos que entren a la zona restringida tendrán que comprar una calcomanía de permiso en un supermercado, almacén de miscelánea, kiosco de revistas, etc, y colocarla en la ventana de adelante. El vehículo que entre a la zona sin una calcomanía vigente será multado. De este método se excluyen los vehículos de urgencias y de uso público, con excepción de los taxis.

**2) Zona Restringida**

La zona restringida correspondería al área comprendida entre la Calle 72, la Avenida Caracas, la Calle 26 y la Carrera 7a., dentro de los límites que aparecen en la Figura 16.4-1.



**Figura 16.4-1 Zona restringida para la Concesión de Licencias de Area**

3) Horas-Periodos Restringidos

7:00 a.m. - 6:00 p.m.

4) Tasa de Tarifas (en pesos)

	<u>Diaria</u>	<u>Semanal</u>	<u>Mensual</u>
Automóviles	1.0000	4.500	15.000
Taxis	2.0000	9.000	30.000
Camiones	2.0000	9.000	30.000

(4) Estudio de Caso

En el estudio de caso se examinó el método para aliviar la congestión en las vías mediante la aplicación de un sistema de peajes dentro del área examinada arriba. En el Tabla 16.4-1 y en la Figura 16.4-2 se hace el análisis del sistema de peaje para las vías, que oscila entre PC\$ 1.000 a PC\$ 3.000 para vehículos de pasajeros y entre PC\$ 2.000 y PC\$ 4.000, para taxis y camiones, respectivamente. Como puede verse, los viajes de automóvil disminuirán como resultado del aumento de las tasas de peaje, como se ilustra en la Figura 16.4-3. En cambio, los ingresos por los impuestos para automóviles aumentan por concepto de peajes de PC\$ 2.000, y luego disminuyen radicalmente de 1.400 billones de pesos en 25 años, a 888 billones.

En el estudio de caso, el sistema de peajes para las vías sirve para aliviar la congestión en una zona determinada y, a su vez, para cobrar los ingresos en los puestos de peaje. Sin embargo, al aplicarse este sistema, se plantea el problema de los costos de instalación de los dispositivos de monitoreo en las vías y en los vehículos, y la creación de una infraestructura administrativa/fiscalizadora, para cobrar los ingresos.

En el análisis se incluye una propuesta para desviar los viajes de automóviles del modo privado hacia el modo público. Como en Bogotá no se dispone de datos sobre este desvío, el grupo de estudio se remitió a los datos recopilados del Metro de Medellín. De acuerdo con la Figura 16.4-4, que ilustra el modo de transporte antes de que el Metro entrara a funcionar, de acuerdo el número de viviendas propietarias de vehículos y viviendas no propietarias, el 20% aproximadamente del total de los viajes de las viviendas propietarias de vehículos se cambiaron del viaje en automóvil por el transporte público (el Metro), una vez que entró a funcionar el Metro.

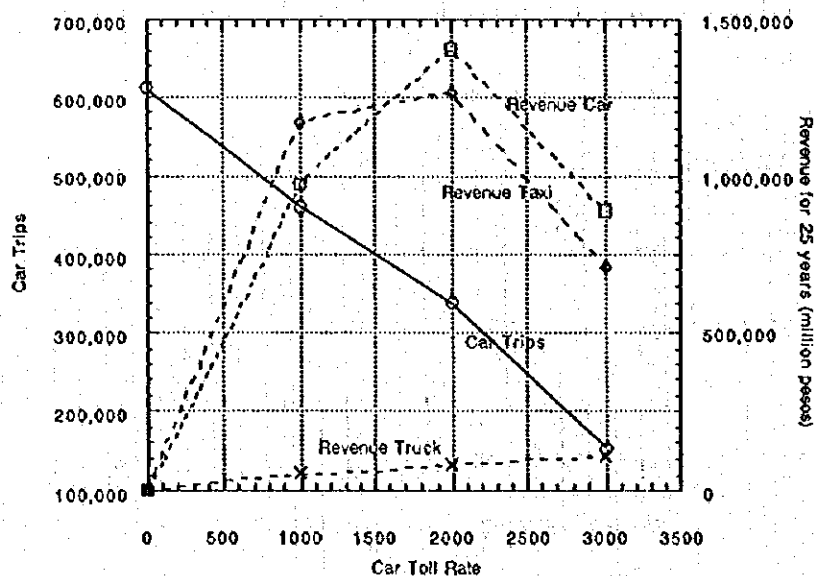


Figura 16.4-2 Relación entre las Tarifas de Peaje, los Viajes de Vehículos y los Ingresos



**Tabla 16.4-1 Sistema de Tarifas de Peaje (Concesión de Licencias para el Area Congestionada) en Bogotá**

<b>Toll Rate</b>					
1) Car	pesos/veh/day	0	1000	2000	3000
2) Taxi	pesos/veh/day	0	2000	3000	4000
3) Truck	pesos/veh/day	0	2000	3000	4000
<b>Trips Related Target Area/day</b>					
1) Cars					
Intrazonal Trips	PCU/day	22,487	22,487	22,487	22,487
Internal-External Trips	PCU/day	454,114	437,499	315,834	133,195
Through Traffic	PCU/day	134,064	0	0	0
Total	PCU/day	610,665	459,986	338,321	155,682
2) Taxis					
Intrazonal Trips	PCU/day	12,833	12,833	12,833	12,833
Internal-External Trips	PCU/day	273,806	263,788	190,431	80,309
Through Traffic	PCU/day	62,122	0	0	0
3) Trucks					
Intrazonal Trips	PCU/day	2,065	2,065	2,065	2,065
Internal-External Trips	PCU/day	20,944	20,944	20,944	20,944
Through Traffic	PCU/day	19,970	0	0	0
<b>Diverted Trips</b>					
Cars					
Intrazonal Trips	PCU/day	0	0	0	0
Internal-External Trips	PCU/day	0	16,615	138,280	320,919
Through Traffic	PCU/day	0	134,064	134,064	134,064
Total	PCU/day	0	150,679	272,344	454,983
<b>Diverted Trip Ratio</b>					
Cars					
Intrazonal Trips		0.000	0.000	0.000	0.000
Internal-External Trips		0.000	0.037	0.305	0.707
Through Traffic		0.000	1.000	1.000	1.000
Total		0.000	0.247	0.446	0.745
<b>Tax Revenue</b>					
For a day					
1) Cars	million pesos/day	0	324	468	296
2) Taxis	million pesos/day	0	391	423	238
3) Trucks	million pesos/day	0	18	27	36
For a year					
1) Cars	million pesos/year	0	77,778	112,297	71,037
2) Taxis	million pesos/year	0	93,791	101,563	57,109
3) Trucks	million pesos/year	0	4,330	6,494	8,659
For 25 years					
1) Cars	million pesos/25 years	0	972,220	1,403,707	887,967
2) Taxis	million pesos/25 years	0	1,172,391	1,269,538	713,861
3) Trucks	million pesos/25 years	0	54,119	81,178	108,238
Total	million pesos/25 years	0	2,198,730	2,754,423	1,710,065

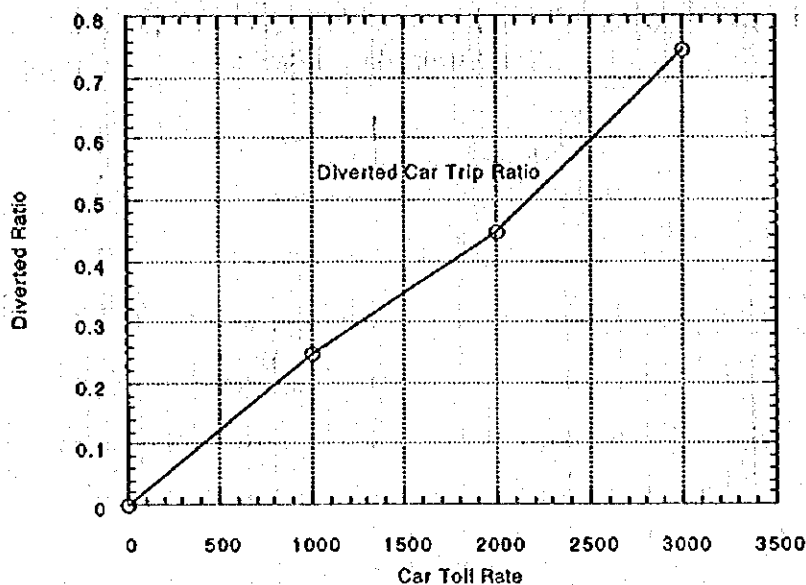


Figura 16.4-3 Relación entre la Tarifa de Peajes y Vehículos Desviados

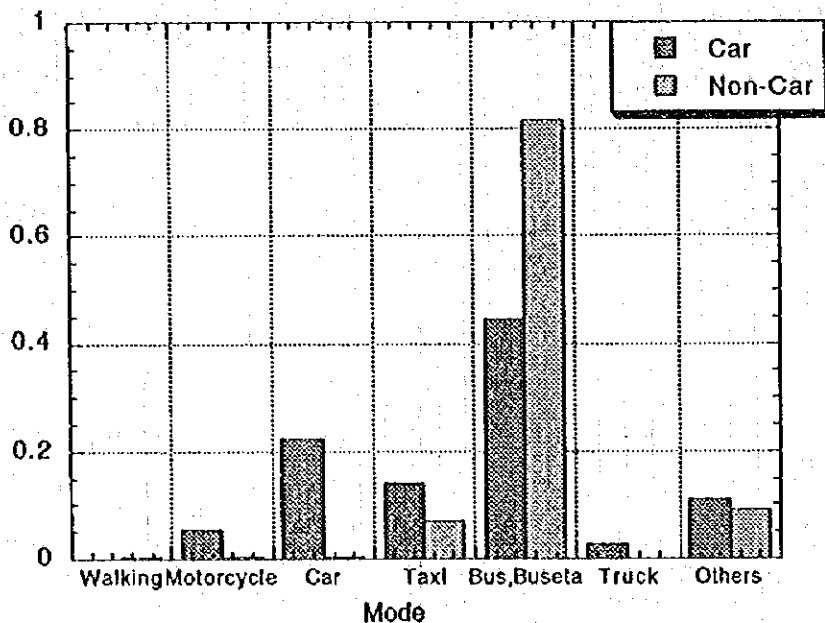


Figura 16.4-4 Modo de Transporte antes de Entrar el Metro a Funcionar

#### 16.4.4 Sistema Prioritario (B-4) para Vehículos de Alta Ocupación (VAO)

##### (I) Método

A los vehículos con varios pasajeros (generalmente más de tres), denominados "Vehículos de alta ocupación (VAO)" se les da prioridad para entrar a una zona restringida o pasar por calles determinadas durante las horas pico. Entre los vehículos de alta ocupación se cuentan los buses, camionetas y automóviles con grupos de colegas. El sistema de vehículos con grupos de colegas consiste en utilizar un vehículo privado de un colega para transportar cinco colegas hasta el sitio de trabajo, bien sea utilizando un vehículo y compartiendo los gastos, o rotando el uso de varios

vehículos, de modo que no haya ningún intercambio de dineros.

Hay dos tipos de modalidades VAO : flujo simultáneo de carriles para los VAO y carriles de contraflujo. El proyecto de los carriles de flujo VAO simultáneos en vías a nivel, es el proyecto prioritario más ampliamente aplicado, pues ya está funcionando en por lo menos 30 ciudades americanas. La mayoría de las aplicaciones se registra a lo largo de carriles curvos en las zonas del centro, utilizando un mínimo de semáforos y marcaciones. Por otra parte, la mayoría de las aplicaciones de contraflujo se registran en calles de una sola vía, aunque en algunos proyectos se ha aplicado el concepto de contraflujo a calles a nivel de doble vía, bien sea en el lado contrario del separador del medio (median) o como carril central reversible.

El sistema de flujo simultáneo de carriles VAO funciona generalmente durante uno de los siguientes horarios:

- a) Horas pico de la mañana
- b) Horas pico de la tarde
- c) En ambos periodos pico, de la mañana y de la tarde
- d) Horas del día (por ejemplo, 7 a.m. - 6 p.m.)

En cambio, la mayoría de los carriles de contraflujo del centro de la ciudad operan con restricciones durante las 24 horas.

El método VAO puede contribuir a inducir a los viajeros diarios a que adopten la modalidad de viaje de alta ocupación, con el fin de reducir la demanda vehicular en las horas pico y, por consiguiente, reducir la congestión de tráfico, el consumo de energía y, las emisiones que contaminan el aire.

## (2) Países/Ciudades en donde se ha aplicado

Seúl (Corea) Manila (Filipinas), Los Angeles (Estados Unidos), Houston (Estados Unidos), Toronto (Canadá)

## (3) Aplicación en Bogotá

Este sistema se aplicaría en combinación con otras medidas de manejo de la demanda de tráfico, como son la aplicación de peajes a las vías y el sistema de concesión de licencias para áreas congestionadas, exonerando del pago de peaje a los que adopten el método VAO. La ocupación actual de un vehículo es 1,5 personas en promedio. Si este sistema tiene éxito, la tasa aumentaría a 2.0 pasajeros, por ejemplo y, la demanda de tráfico se reduciría en 25%.

### 16.4.5 Manejo del Parqueo (B-5)

#### (1) Método

El manejo del parqueo es considerado en todas partes como una eficaz herramienta de manejo de la demanda de tráfico. El programa de manejo de tráfico, básicamente, es cualquier plan mediante el cual se suministre espacio de parqueo, controlado, reglamentado o restringido en alguna forma. Las medidas de manejo de parqueo pueden clasificarse en seis categorías principales: parqueo en las calles, parqueo fuera de las calles, parqueo periférico y en los corredores, fijación de tarifas de peaje, medidas policiales y adjudicación y mercadeo.

Las investigaciones al respecto han demostrado que cuando los sitios de parqueo son gratuitos o muy baratos (por ejemplo, subvencionados por el empleador), las personas generalmente conducen solas hasta el trabajo, en lugar de utilizar sistemas de agrupación de colegas o el tránsito público.

El aumento en el cobro de parqueo alentará a los usuarios de vehículos a compartir los viajes en automóvil, utilizar el transporte público para reducir los costos individuales, o encontrar un lugar más barato de parqueo. Si no se reglamentan directamente las tarifas de parqueo en los parqueaderos comerciales, un impuesto municipal podría constituir un medio indirecto para aumentar las tarifas de esos parqueaderos.

## (2) Ciudades/países en donde se ha aplicado

a) Restricción del parqueo en los costados de las vías durante periodos prolongados, para fines de trabajo:

Helsinki (Finlandia), Praga (República Checa)

b) Prohibición de construir parqueaderos en el centro comercial de la ciudad

Montreal (Canadá), Zurich (Suiza)

c) Construcción de Parqueaderos Subterráneos por BOT (Departamento de Tránsito)

Francia, Italia

## (3) Aplicación en Bogotá

a) A los vehículos que estacionen en las "Zonas Azules" en los sitios de parqueo fuera de la calle, con capacidad para más de 5 puestos en el centro comercial de la ciudad, se les cobra un recargo adicional (por ejemplo, 500 pesos por parqueo).

b) Se prohíbe el parqueo durante periodos prolongados, con destino al trabajo, en las "Zonas Azules". No se permite a ningún vehículo que se estacione más de tres horas.

## (4) Estudio de Caso en Bogotá

En el estudio de caso, se analizó la posibilidad de aliviar la congestión de las vías aplicando el sistema de manejo de parqueo en el área del centro. Se cobraría un recargo adicional en los parqueaderos dentro de las áreas donde se cobre un peaje por la vía, coincidiendo con la Figura 16.4-1. El recargo se cobrará únicamente sobre los viajes con destino al trabajo de vehículos privados, estacionados durante siete horas.

En el Tabla 16.4-2 y en la Figura 16.4-5 aparece el análisis del manejo del parqueo mediante el cobro de tarifas de recargo, de \$500 a \$3000 por vehículo. Como puede verse, el número de viajes de vehículos disminuye como resultado del aumento de las tarifas de recargo. Por ejemplo, si se cobra un recargo de \$1000 sobre la tarifa de parqueo por los viajes de vehículos que entren al área, el 8,6% del total de los viajes relacionados con esa área, cambiarán el modo del automóvil privado por el modo público (véase la Figura 16.4-6). A su vez, los ingresos de esas tarifas ascenderán aproximadamente a 480 mil millones de pesos durante 25 años.

Sin embargo, hay varios problemas potenciales que es preciso resolver si se considera esta medida:

- a) Es posible que las empresas comerciales se opongan al aumento de las tarifas de recargo ya que limitan su capacidad para atraer empleados o clientes.
- b) Los propietarios usuarios de parqueaderos probablemente se opondrán al aumento de la tarifa.
- c) Los residentes de los vecindarios cercanos al centro en donde se aplicará el sistema de manejo de parqueo, pueden oponerse al aumento de las tarifas si los usuarios de los vehículos optan por parquear en sus calles.
- d) Los usuarios de vehículos que trabajan en las zonas de parque restringido se opondrán al aumento de las tarifas.

Tabla 16.4-2 Medición del Manejo de Parqueo

Toll Rate		0	500	1000	2000	3000
1) Car	pesos/veh/day					
<b>Trips Related Target Area/day</b>						
1) Cars						
Intrazonal Trips	PCU/day	22,487	22,487	22,487	22,487	22,487
Internal-External Trips	PCU/day	454,114	453,827	437,499	315,834	133,195
Through Traffic	PCU/day	134,064	34	0	0	0
<b>Total</b>		<b>610,665</b>	<b>476,348</b>	<b>459,986</b>	<b>338,321</b>	<b>155,682</b>
<b>Diverted Trips</b>						
Cars						
Intrazonal Trips	PCU/day	0	0	0	0	0
Internal-External Trips	PCU/day	0	100	5,815	48,398	112,322
Through Traffic	PCU/day	0	46,911	46,922	46,922	46,922
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>47,011</b>	<b>52,738</b>	<b>95,320</b>	<b>159,244</b>
<b>Diverted Trip Ratio</b>						
Cars						
Intrazonal Trips		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Internal-External Trips		0.000	0.000	0.013	0.107	0.247
Through Traffic		0.000	0.350	0.350	0.350	0.350
<b>Total</b>		<b>0.000</b>	<b>0.077</b>	<b>0.086</b>	<b>0.156</b>	<b>0.261</b>
<b>Tax Revenue from Cars</b>						
1) Cars	million pesos/day	0	83	161	237	163
1) Cars	million pesos/year	0	20,005	38,639	56,838	39,232
1) Cars	million pesos/25 years	0	250,065	482,985	710,474	490,398

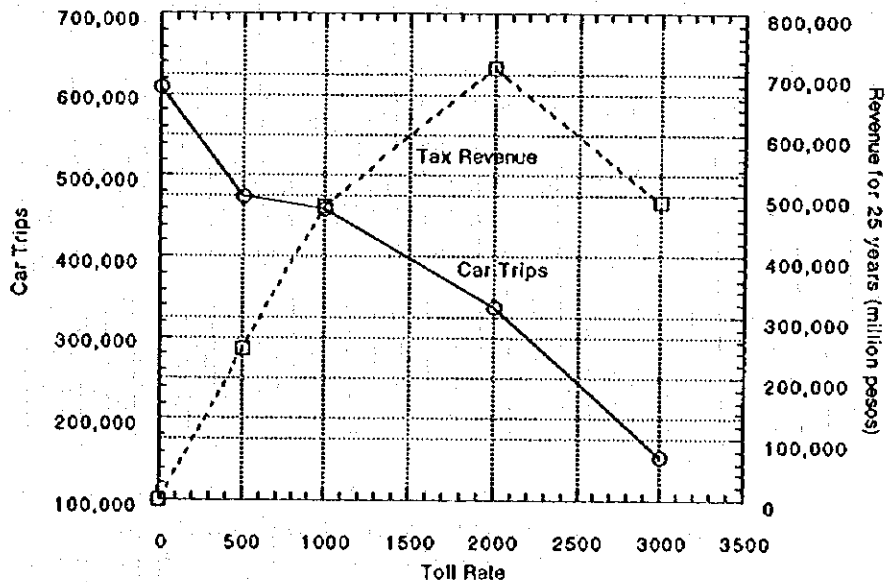


Figura 16.4-5 Relación entre el Cobro de Parqueo, los Ingresos por Impuestos y los Viajes de Vehículos