

# CONGESTIÓN DE TRÁNSITO

**EL PROBLEMA Y  
CÓMO ENFRENTARLO**

*Alberto Bull*  
Compilador



NACIONES UNIDAS

CEPAL



# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



[www.cep.al.org/es/suscripciones](http://www.cep.al.org/es/suscripciones)

El presente libro tuvo su origen en el reconocimiento del avance de la congestión de tránsito en las grandes ciudades y la necesidad de plantear medidas eficaces para mantenerla bajo control a fin de salvaguardar la calidad de vida y sostenibilidad urbanas. El texto fue producido en la Unidad de Transporte de la CEPAL, en el marco de un proyecto que contó con el generoso apoyo del Gobierno de Alemania y de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Asimismo, se obtuvo la gentil autorización del Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile para el empleo de los modelos de tránsito ESTR AUS, VERDI y MODEM.

Los problemas descritos en este libro, así como las diferentes formas de enfrentar la congestión, se han preparado teniendo en cuenta las condiciones de las grandes ciudades de América Latina y el Caribe. Sin embargo, lo que aquí se presenta posiblemente también sea válido para muchas otras áreas geográficas del mundo, pudiendo considerarse un marco general destinado a enfrentar el flagelo de la congestión de tránsito urbano.

La congestión de tránsito ha ido en aumento en gran parte del mundo, desarrollado o no, y todo indica que seguirá agravándose, constituyendo un peligro cierto que se cierne sobre la calidad de vida urbana. El explosivo aumento del parque de automóviles y el indiscriminado deseo de usarlos, por razones de comodidad o estatus, especialmente en los países en desarrollo, ejercen una gran y creciente presión sobre la capacidad de las vías públicas existentes.

Los fuertes impactos negativos de la congestión, tanto inmediatos como de largo plazo, exigen esfuerzos multidisciplinarios para mantenerla bajo control, mediante el diseño de políticas y medidas apropiadas, no siendo sencillo encontrar las soluciones más indicadas. Todo señala que debe intentarse un conjunto de acciones sobre la oferta de transporte, así como sobre la demanda, a fin de racionalizar el uso de las vías públicas.

El control de la congestión forma parte de la elaboración de una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de una ciudad, que permita compatibilizar la movilidad, el crecimiento y la competitividad, tan necesarias actualmente, con la sostenibilidad de la urbe y su calidad de vida. El tema es complicado y exige una alta capacidad profesional y de liderazgo de parte de las autoridades urbanas y de transporte.

El trabajo ha de ser continuo y permanente. En este libro se presentan herramientas existentes para abordarlo, unas más efectivas que otras, unas más aceptadas que otras, pero un conjunto de ellas, que cuente con soporte ciudadano, hará posible defenderse para no sucumbir ante el moderno flagelo de la congestión.

**CUADERNOS DE LA CEPAL**

**87**

## **CONGESTIÓN DE TRÁNSITO**

### **EL PROBLEMA Y CÓMO ENFRENTARLO**

**Alberto Bull  
Compilador**



**NACIONES UNIDAS**



**Comisión Económica  
para América Latina  
y el Caribe**



**Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit  
(GTZ) GmbH**

**Santiago de Chile, 2003**

LC/G.2199-P  
Julio de 2003

Este libro fue preparado en el marco del Proyecto “Cobro por uso de vías en ciudades de América Latina”, desarrollado por la Unidad de Transporte de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con el financiamiento de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), de la República Federal de Alemania. Asimismo, se obtuvo la gentil autorización del Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile para el empleo de los modelos de tránsito ESTRAUS, VERDI y MODEM.

La coordinación editorial de este proyecto estuvo a cargo de Alberto Bull, de la Unidad de Transporte, de la CEPAL. Colaboraron directamente en la preparación del libro: Ian Thomson, Jefe de la Unidad de Transporte de la CEPAL; Vicente Pardo, Consultor de la Unidad de Transporte, de la CEPAL; Alan Thomas, de la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte de Chile (SECTRA); Gisèle Labarthe y Diana Mery; Juan Pablo Diez, ex Consultor de la Unidad de Transporte, de la CEPAL; Dr. Luis Cifuentes, Profesor del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, de la Universidad Católica de Chile.

Daniela Simioni, de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, de la CEPAL, leyó el borrador y contribuyó con importantes observaciones.

Copyright © Naciones Unidas 2003  
Todos los derechos están reservados  
Impreso en Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N.Y. 10017, EE.UU. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

PUBLICACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

Número de venta: S.03.II.G.88

ISSN impreso: 0252-2195  
ISSN electrónico: 1727-0413  
ISBN 92-1-322162-2

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
RESUMEN .....	13
 CAPÍTULO I	
UNA CIUDAD VIVIBLE, COMPETITIVA Y SOSTENIBLE .....	19
1. La congestión, negativo y creciente fenómeno .....	19
2. Perjuicios para la competitividad .....	20
3. La ciudad para vivir, desenvolverse y moverse .....	21
 CAPÍTULO II	
CAUSAS Y COSTOS DE LA CONGESTIÓN .....	23
A. ¿QUÉ ES LA CONGESTIÓN? .....	23
1. El uso popular y la definición según el diccionario .....	23
2. Una explicación técnica .....	23
3. Hacia una definición práctica en el caso del tránsito .....	25
B. CAUSAS DE LA CONGESTIÓN .....	26
1. Características del transporte urbano que provocan la congestión .....	26
2. El problema es creado principalmente por los automóviles .....	27
3. La condición de las vías y las prácticas de conducción contribuyen a la congestión .....	28
4. También hay un problema institucional .....	30
C. LA INVASIÓN DEL AUTOMÓVIL .....	31
1. Las reformas económicas han hecho más accesible el automóvil .....	31
2. La popularización de la propiedad de automóviles .....	32
3. Donde menos autos hay, parece más difícil desplazarse .....	35
4. La fuerte influencia de factores subjetivos .....	36
D. ¿CUÁN GRAVE ES EL PROBLEMA Y QUIÉNES LO SUFREN? .....	39
1. Diversos indicadores revelan una situación agravada y que empeora .....	39
2. ¿Quiénes pagan los costos de la congestión? .....	40

	<i>Página</i>
E. ¿CÓMO ENFRENTAR LA SITUACIÓN? .....	43
1. No hace mal un poco de congestión .....	43
2. Una visión renovada de las autoridades .....	44
3. Se requiere una aproximación integral .....	45
 CAPÍTULO III	
CONTROL DE LA CONGESTIÓN MEDIANTE ACCIONES SOBRE LA OFERTA .....	47
A. LA OFERTA DE TRANSPORTE Y LA CIUDAD .....	47
1. ¿Qué es la oferta de transporte? .....	47
2. Suele requerirse ampliar la oferta de transporte .....	49
3. La ciudad para habitarla y para moverse .....	50
B. ACCIONES SOBRE LAS INTERSECCIONES .....	51
1. Tipos de intersecciones .....	51
2. Diseño de intersecciones .....	57
3. Sistemas de control de intersecciones .....	60
C. ACCIONES SOBRE LAS VÍAS .....	65
1. Ampliación de la capacidad física .....	65
2. Vías de sentido variable .....	66
D. COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS .....	67
1. Coordinación con planes fijos .....	68
2. Coordinación flexible o dinámica .....	68
3. Sistemas de control centralizado .....	69
E. CARRILES Y VÍAS DEDICADAS AL TRANSPORTE PÚBLICO .....	70
1. Carriles sólo bus .....	70
2. Carriles segregados para buses .....	72
3. Vías exclusivas para buses .....	73
4. Transporte público reorganizado con un esquema equivalente a un metro de superficie .....	75
F. SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE CALIDAD SUPERIOR .....	77
1. Buses ejecutivos .....	77
2. Condiciones para la atracción de automovilistas .....	77
3. ¿Son viables los buses ejecutivos? .....	78
4. Taxis colectivos .....	78
H. SISTEMAS FERROVIARIOS O METROS .....	79
1. Una introducción histórica .....	79
2. ¿De dónde provienen los pasajeros del metro? .....	80
3. Una explicación de la inhabilidad de los metros para reducir la congestión .....	81
4. Las consecuencias de una densificación en el uso de suelo .....	82
5. ¿Cómo pueden contribuir los metros a reducir la congestión? .....	83

	<i>Página</i>
I. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MEDIDAS SOBRE LA OFERTA .....	83
1. Ventajas .....	83
2. Desventajas .....	84
J. ADECUACIÓN PERMANENTE Y CONSISTENTE DE LA OFERTA .....	86
 CAPÍTULO IV	
CONTROL DE LA CONGESTIÓN MEDIANTE ACCIONES SOBRE LA DEMANDA .....	87
A. LA DEMANDA DE TRANSPORTE Y LA CONGESTIÓN URBANA .....	87
1. ¿Qué es la demanda de transporte? .....	87
2. Hay que actuar no sólo sobre la oferta, sino también sobre la demanda .....	87
3. Medidas sobre la demanda que inhiben la congestión .....	88
B. EL CONTROL DE ESTACIONAMIENTO .....	89
1. Descripción de la medida .....	90
2. Estacionamiento libre o gratuito en la calzada .....	91
3. Estacionamiento regulado o pagado en la calzada .....	93
4. Estacionamiento pagado fuera de la calzada .....	96
5. Estacionamiento gratuito fuera de la calzada .....	98
6. Estacionamientos de transbordo .....	101
7. Ventajas y desventajas del control de estacionamientos .....	102
C. ESCALONAMIENTO DE HORARIOS .....	105
1. Descripción de la medida .....	105
2. Casos de aplicación .....	106
3. Ventajas y desventajas .....	107
D. RESTRICCIÓN VEHICULAR .....	108
1. Descripción de la medida .....	108
2. Efectividad de la restricción .....	110
3. Casos de aplicación .....	111
4. Ventajas y desventajas .....	113
E. TARIFICACIÓN VIAL .....	114
1. Descripción de la medida .....	115
2. Resultados esperados de la tarificación .....	119
3. Asuntos previos por resolver .....	119
4. Casos de aplicación .....	120
5. Ventajas y desventajas .....	122
F. AMINORANDO LA CONGESTIÓN SOBRE LA BASE DE LA CONVICCIÓN PERSONAL Y LA REDUCCIÓN DE LA NECESIDAD DE VIAJAR .....	124
1. Planificación personalizada de viajes .....	124
2. La educación vial .....	127
3. Las modernas tecnologías de comunicación .....	128

	<i>Página</i>
G. LA CONGESTIÓN Y EL USO DEL SUELO .....	128
1. Las tendencias a lo largo del tiempo .....	128
2. La disponibilidad de tiempo para viajes .....	129
3. La tarificación vial y el uso del suelo .....	131
H. LUCES Y SOMBRAS DE LAS ACCIONES SOBRE LA DEMANDA .....	133
 CAPÍTULO V	
SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE MEDIDAS SOBRE LA CONGESTIÓN EN EL CASO DE SANTIAGO DE CHILE .....	135
A. EL TRANSPORTE Y TRÁNSITO DE SANTIAGO .....	135
1. Una situación difícil que amenaza con convertirse en inmanejable .....	135
2. La ciudad no ha estado de brazos cruzados .....	137
B. LOS MODELOS ESTRAUS Y VERDI .....	137
1. El modelo ESTRAUS .....	137
2. El modelo VERDI .....	140
C. RESUMEN DE LAS SIMULACIONES Y EVALUACIONES LLEVADAS A CABO .....	142
1. Carriles segregados para buses .....	142
2. Buses ejecutivos .....	144
3. Prohibición de estacionamiento .....	147
4. Tarificación vial .....	149
5. Combinación de carriles segregados para buses con prohibición de estacionamientos .....	153
6. Combinación de carriles segregados para buses con tarificación vial .....	155
D. RECOMENDACIONES PARA LA SITUACIÓN DE SANTIAGO .....	156
1. Hay avances derivados de medidas anteriores .....	156
2. Recapitulación de los resultados de las medidas .....	157
3. ¿Son extrapolables las recomendaciones? .....	158
 CAPÍTULO VI	
CONGESTIÓN Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL .....	159
A. LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS .....	159
1. Contaminantes atmosféricos de efecto local y regional .....	159
2. Impactos de los contaminantes atmosféricos de efecto local y regional .....	160
3. Los contaminantes globales y su efecto .....	161
B. INCIDENCIA DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN LA CONTAMINACIÓN .....	162
1. Tipos de contaminantes emitidos por los vehículos .....	162

	<i>Página</i>
2. Importancia relativa de los contaminantes generados por los vehículos .....	164
3. Una manera de estimar la cantidad de contaminantes emitidos por los vehículos .....	165
C. EFECTOS SOBRE LA CONTAMINACIÓN AL DISMINUIR LA CONGESTIÓN .....	165
1. Cambio en los factores de emisión debido al camino en la velocidad de circulación .....	166
2. Cambio en la distancia recorrida por cada modo .....	168
3. Cambio en el consumo de combustible .....	168
D. RESULTADOS DE ALGUNAS MEDIDAS ESTUDIADAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN EN SANTIAGO DE CHILE .....	169
1. Descripción de las medidas analizadas .....	169
2. El modelo MODEM para calcular emisiones .....	169
3. Variación de las emisiones al aplicar las medidas contra la congestión .....	172
4. Cuantificación de efectos en la salud debidos a cambios en las emisiones .....	174
E. CONCLUSIONES .....	180
CAPÍTULO VII	
A MANERA DE CONCLUSIÓN .....	181
1. Muchos usuarios prefieren la congestión antes que dejar el automóvil en casa .....	181
2. Comenzar con medidas sobre la oferta .....	182
3. Las medidas sobre la demanda también tienen su lugar .....	184
4. ¿Por qué actuar sobre la congestión? .....	186
5. ¿Cómo seguir? .....	187
BIBLIOGRAFÍA .....	189
<b>Cuadros, gráficos, imágenes, planos y recuadros</b>	
Cuadro II.1 Ecuador y Perú: importación de vehículos de pasajeros .....	33
Cuadro II.2 Brasil: consumo aparente de automóviles .....	34
Cuadro II.3 Santiago de Chile (tres municipios): estimación del incremento en la propiedad de automóviles por familia al aumentar los ingresos medios .....	35
Cuadro II.4 São Paulo: ingresos relativos de los usuarios de diferentes medios de transporte, 1977 .....	42
Cuadro II.5 Ciudades brasileñas: aumentos de costos operacionales del transporte colectivo causados por la congestión vehicular .....	43
Cuadro III.1 Criterio para el empleo de señal "PARE" .....	62

	<i>Página</i>
Cuadro III.2	Justificación de semáforo por volumen vehicular ..... 63
Cuadro III.3	Justificación de semáforo por demoras en acceso secundario ..... 63
Cuadro III.4	Santiago de Chile: ahorros de tiempo en vías de sentido variable (hora punta de la mañana) ..... 66
Cuadro III.5	Ahorros de tiempo en una vía segregada de Santiago de Chile (hora punta de la mañana) ..... 73
Cuadro III.6	Ahorros de tiempo de buses en vías exclusivas de Santiago de Chile (hora punta de la mañana) ..... 74
Cuadro III.7	Viajes por medios distintos del metro generados en su zona de influencia en el Gran Santiago, 1991 ..... 82
Cuadro V.1	Santiago de Chile: características esenciales del tránsito durante la hora punta de la mañana ..... 136
Cuadro V.2	Santiago de Chile: buses ejecutivos. Resultado del modelo ESTRAUS para la hora punta ..... 146
Cuadro V.3	Santiago de Chile: prohibición de estacionamiento. Resultados de los modelos ESTRAUS, para la hora punta, y VERDI ..... 148
Cuadro V.4	Santiago de Chile: escenarios de tarificación vial ..... 150
Cuadro V.5	Santiago de Chile: medidas de tarificación vial. Resultados de los modelos ESTRAUS, para la hora punta, y VERDI ..... 151
Cuadro V.6	Santiago de Chile: medidas de tarificación vial. Resultados de los modelos ESTRAUS, para la hora punta, y VERDI ..... 152
Cuadro V.7	Santiago de Chile: carriles segregados para buses, combinados con prohibición de estacionamiento en la vía pública (sin y con parquímetro). Resultados de los modelos ESTRAUS, para la hora punta, y VERDI ..... 154
Cuadro V.8	Santiago de Chile: carriles segregados para buses en combinación con tarificación vial de 1 000 pesos por cruzar el anillo Américo Vespucio. Resultados de los modelos ESTRAUS, para la hora punta, y VERDI ..... 155
Cuadro VI.1	Problemas de salud que aumentan su incidencia por efecto de los contaminantes atmosféricos ..... 161
Cuadro VI.2	Principales contaminantes emitidos por vehículos motorizados ..... 162
Cuadro VI.3	Categorías de vehículos considerados por el modelo MODEM ..... 170

	<i>Página</i>
Cuadro VI.4	Santiago de Chile: cambio de emisiones en toneladas por año al introducir carriles segregados para buses en conjunto con tarificación vial de 2 000 pesos por ingresar al anillo Américo Vespucio ..... 172
Cuadro VI.5	Santiago de Chile: cambio de emisiones en toneladas por año a causa de la incorporación de buses ejecutivos ..... 173
Cuadro VI.6	Santiago de Chile: variación porcentual de emisiones totales para cada medida analizada ..... 174
Cuadro VI.7	Valores unitarios en dólares de 1997 usados para cada uno de los efectos en la salud producidos por la contaminación ambiental ..... 176
Cuadro VI.8	Valor de los efectos en la salud por variación de la emisión de una tonelada de contaminante ..... 177
Cuadro VI.9	Santiago de Chile: beneficios sociales de transporte y de contaminación correspondientes a medidas analizadas contra la congestión ..... 178
Gráfico II.1	Representación esquemática del concepto de congestión de tránsito ..... 24
Gráfico III.1	Intersecciones en "T" ..... 53
Gráfico III.2	Intersecciones en "Y" ..... 54
Gráfico III.3	Intersecciones en cruz ..... 55
Gráfico III.4	Rotondas y minirotondas ..... 56
Gráfico III.5	Procedimiento para determinar uso de señal "PARE" o "CEDA el PASO" ..... 61
Gráfico III.6	Tres modalidades de carriles sólo bus ..... 71
Gráfico V.1	Modelos ESTRAUS, VERDI y MODEM ..... 138
Gráfico VI.1	Incidencia de las fuentes móviles en la emisión de contaminantes en la región metropolitana de Santiago de Chile ..... 164
Gráfico VI.2	Emisiones unitarias de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) de vehículos Euro I y convencionales ..... 166
Gráfico VI.3	Variación unitaria de las emisiones en función de la velocidad y la tecnología de los vehículos ..... 167
Gráfico VI.4	Santiago de Chile: beneficios sociales ambientales de las medidas de tarificación, como porcentaje de los beneficios directos de transporte ..... 179
Imagen II.1	La conducta egoísta e indisciplinada de los motoristas de Lima reduce la capacidad de la red vial a una fracción de su potencial ..... 29
Plano V.1	Carriles segregados para buses ..... 143
Plano V.2	Recorridos de buses ejecutivos ..... 145

	<i>Página</i>
Plano V.3	Áreas de prohibición de estacionamiento ..... 147
Plano V.4	Tarificación vial zona centro más Avenida Providencia ..... 149
Plano V.5	Anillo Américo Vespucio ..... 150
Recuadro III.1	El Transmilenio de Bogotá ..... 76
Recuadro IV.1	Medidas sobre estacionamientos contribuyen a disminuir el desempleo y la congestión en Santiago de Chile ..... 95
Recuadro IV.2	Casos de limitación del estacionamiento de larga duración ..... 97
Recuadro IV.3	Estudio de regulación de estacionamiento en Londres ..... 98
Recuadro IV.4	Pagando para que los automovilistas dejen el auto en casa al ir al trabajo ..... 100
Recuadro IV.5	Estacionamientos de transbordo en los Estados Unidos ..... 102
Recuadro IV.6	En Bogotá diversas iniciativas restringen el uso del automóvil y favorecen alternativas ..... 112
Recuadro IV.7	Un proyecto de ciudadanía en São Paulo ..... 112
Recuadro IV.8	Restricción vehicular por razones ambientales en Santiago de Chile ..... 113
Recuadro IV.9	Posible sistema de tarificación futuro ..... 118
Recuadro IV.10	Cobro de peajes urbanos en Noruega ..... 121
Recuadro IV.11	Tarificación vial en Londres ..... 121
Recuadro IV.12	Travel Blending <sup>MR</sup> , una herramienta para el cambio de comportamiento en transporte ..... 126
Recuadro V.1	Aplicación de ESTR AUS a la ciudad de Santiago de Chile ..... 138

## RESUMEN

### La congestión, un problema serio que se agrava

La congestión de tránsito ha ido en aumento en gran parte del mundo, desarrollado o no, y todo indica que seguirá agravándose, constituyendo un peligro cierto que se cierne sobre la calidad de vida urbana. Su principal manifestación es la progresiva reducción de las velocidades de circulación, que se traduce en incrementos de tiempos de viaje, de consumo de combustibles, de otros costos de operación y de polución atmosférica, con respecto a un flujo vehicular libre de atochamientos.

La congestión es causada principalmente por el uso intensivo del automóvil, cuya propiedad se ha masificado en las últimas décadas en América Latina. El automóvil posee ventajas en términos de facilitar la movilidad personal, y otorgar sensación de seguridad y aún de estatus especialmente en países en vías de desarrollo. Sin embargo, es poco eficiente para el traslado de personas, al punto que cada ocupante produce en las horas punta unas 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero de bus.

La situación se ve agravada en la región debido a problemas de diseño y conservación en la vialidad de las ciudades, estilo de conducción que no respeta a los demás, defectuosa información sobre las condiciones del tránsito y gestión inapropiada de las autoridades competentes, muchas veces fragmentadas en una multiplicidad de entes.

Los costos de la congestión son elevados. A título de ejemplo puede señalarse que, de acuerdo a cálculos conservadores, aumentar en promedio las velocidades de los viajes en auto en 1 km/h y los de transporte colectivo en 0.5 km/h implicaría una reducción de tiempos de viaje y costos de operación por un valor equivalente a 0.1% del producto interno bruto (PIB) (Thomson, 2000b).

Los efectos perjudiciales de la congestión recaen directamente sobre los vehículos que circulan. Pero además de los automovilistas, sufren su efecto los pasajeros del transporte colectivo, generalmente personas de ingresos menores, que no sólo se ven atrasados en sus desplazamientos, sino que a causa de la congestión ven incrementados los valores de las tarifas que pagan. Además, reciben perjuicios todos los habitantes de las urbes, en términos de deterioro de su calidad de vida en aspectos tales como mayor contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud y sostenibilidad de las

ciudades a largo plazo, todo lo cual hace necesario mantener la congestión bajo control.

### **Comenzar con medidas sobre la oferta**

Lo lógico es enfrentar la congestión mediante medidas sobre la oferta de transporte, es decir, sobre la disponibilidad y calidad de la infraestructura, los vehículos y la gestión de éstos, pues ello representa un aumento de la capacidad para efectuar desplazamientos.

Son muchas las deficiencias que presenta la vialidad urbana actual y que es necesario corregir; se debe mejorar el diseño de las intersecciones, demarcar y señalizar apropiadamente las vías y corregir el ciclo de los semáforos. Otra acción posible es la reversibilidad del sentido de tránsito en las horas punta en avenidas principales. Estas medidas pueden traer un importante alivio a la congestión y son en general de bajo costo, siendo el conocimiento de la ingeniería de tránsito el principal requisito.

No hay que descartar del todo la construcción o el ensanche de vías, donde sea apropiado y factible, en el contexto de un desarrollo urbanístico armónico, que asegure los espacios destinados a peatones y paseantes, y preserve el patrimonio arquitectónico. Hay que tener presente que construir más y más vías, pasos a desnivel y autopistas urbanas puede ser contraproducente en el mediano o largo plazo y agravar la congestión, como lamentablemente se ha visto en algunas ciudades que adoptaron esta estrategia.

Grandes ahorros se logran mediante un sistema de semáforos gestionado desde un computador central. Su costo algo elevado desde la perspectiva de muchos municipios podría hacer aconsejable que se aborde por etapas y sectores de la ciudad, comenzando con el progresivo reemplazo de los semáforos obsoletos por otros que soporten la tecnología necesaria. Su aplicación en zonas de tránsito intenso mostraría sus bondades y puede concitar apoyo ciudadano para su expansión.

Otra necesidad real es organizar un sistema de transporte público que brinde un servicio efectivo. Importantes beneficios, tanto para buses como para automóviles, otorgan los carriles segregados para el transporte colectivo. Posiblemente sea necesario, además, reordenar las líneas en troncales y alimentadoras, establecer determinadas preferencias para su circulación, y mejorar la calidad de los buses y la capacidad empresarial de los operadores. Los buses de estándar superior también pueden jugar un papel, especialmente si sus frecuencias y horarios de operación les permiten ofrecer una alternativa viable para el automovilista.

Un significativo aporte puede provenir de sistemas de transporte que se asemejan a un metro de superficie, organizados sobre la base de buses que circulen por vías propias y segregadas, con frecuencias regulares y control centralizado, ingreso y egreso de pasajeros por estaciones y compra

de boletos antes de abordar. Aunque resulten complejos de implantar y seguramente requieran aporte de recursos públicos para construir su infraestructura, los excelentes resultados de Curitiba, del trolebús de Quito y del Transmilenio de Bogotá avalan esta solución cuyo costo es apenas una fracción del de un metro.

El mejoramiento del transporte público es importante para ofrecer un servicio digno y rápido, lo que permitiría mantener la actual proporción de viajes que se realizan en él. En países en vías de desarrollo, más de la mitad de los viajes, proporción que en algunas ciudades llega a 80%, se realiza en transporte colectivo.

Bien diseñadas y ejecutadas, las medidas sobre la oferta representan un interesante potencial para enfrentar la congestión. Con todo, es preciso incorporar otras medidas, particularmente sobre la demanda, que permitan resolver los desajustes en el uso de la infraestructura y apunten al logro de un equilibrio aceptable para la comunidad.

### **Las medidas sobre la demanda también tienen su lugar**

Las medidas sobre la demanda tienen por objeto lograr que una cantidad importante de automovilistas, que circulan en zonas o períodos de alto tránsito, utilicen modos de transporte de alta ocupación, se muevan por medios no motorizados, o cambien el horario de su desplazamiento.

Ciertas medidas son de tipo reglamentario e imponen restricciones. Otras establecen premios o desincentivos económicos para favorecer conductas que mitiguen la congestión. Ambas deben tenerse en cuenta para un mejor resultado global, considerando que las económicas podrían no ser del todo efectivas y las reglamentarias, vulnerables si los controles son débiles.

Importantes logros pueden obtenerse mediante la racionalización de los estacionamientos, pues su disponibilidad y costo condicionan la accesibilidad en automóvil. Prohibición permanente o diurna en avenidas principales, pago por aparcar en otras vías públicas, regulación del estacionamiento pagado en sitios privados, reglamentación del parqueo ofrecido gratuitamente por instituciones y empresas al público o a sus trabajadores, incentivos económicos para no ir al trabajo en automóvil, estacionamientos intermedios para continuar el viaje en transporte público, son medidas potencialmente útiles si se aplican en los ámbitos apropiados y con alcances adecuados. Algunas pueden generar además recursos para el municipio.

Escalonar los horarios de inicio de actividades trae algún alivio de la congestión, pues alarga el período punta de la mañana. A su vez, la restricción vehicular saca de circulación a una parte importante del parque. Su aplicación sólo en sectores y períodos congestionados, como por ejemplo, en zonas céntricas durante las horas punta de la mañana y de la tarde, puede tener efectos más duraderos que una de mayor extensión, ya que genera menos incentivos para la adquisición de automóviles adicionales. Otra forma de

restricción es el pago de permisos de circulación diferenciados según se pueda usar o no el automóvil todos los días de la semana.

La tarificación vial, propugnada por muchos académicos y también por funcionarios del área de transporte urbano, debido a que constituye una atractiva conceptualización con respecto a pagar por los costos causados a la sociedad, es la más resistida de todas las medidas, sobre todo entre los automovilistas. Esta normativa parece alcanzar resultados al menos en el corto plazo, pero se la cuestiona desde todos los flancos imaginables. Resulta incómoda para el usuario, ya que exige un pago por desplazarse bajo congestión; hay dudas en cuanto a las formas de aplicarla; se la objeta por los efectos sobre las zonas inmediatas a las tarifadas; se la moteja de inequitativa para con los de menos recursos; se teme la degradación de las actividades en la zona tarifada; se discuten sus efectos urbanísticos de largo plazo, por su incentivo a la expansión de la ciudad si no existen severos controles sobre el uso del suelo; y lo que no es menor, incluso se plantea la inconsistencia teórica de aplicarla sin que otros precios relacionados, como los de las áreas verdes, estén sujetos a costo marginal. Parece ser que sus probabilidades de aplicación son limitadas, a menos que alguna ciudad –con excepción de Singapur, que tiene condiciones sumamente especiales– logre implantarla con éxito. Tal vez su hora llegue posiblemente primero en países desarrollados, si la congestión alcanza niveles intolerables, si ya no se vislumbran otras medidas eficaces y si se resuelven favorablemente las dudas teóricas y prácticas que aún subsisten.

La educación vial, llevada a cabo en forma permanente desde la niñez, contribuye a aminorar la congestión, enseñando a evitar la conducción indisciplinada o la falta de respeto hacia los demás, sean peatones o vehículos. A su vez, los peatones también deben ser orientados a observar las reglas de circulación y cruzar las calles sólo en los lugares y momentos habilitados para ello.

Las medidas sobre la demanda deben ser analizadas cuidadosamente, de modo de mitigar efectos negativos no deseados. Disposiciones exageradamente restrictivas pueden ahuyentar a empresas y residentes, y deprimir determinadas zonas de la ciudad.

### **¿Cómo afrontar el problema?**

La rapidez con que se agudiza la congestión de tránsito en las ciudades grandes hace imperativo que las autoridades adopten un enfoque apropiado para adaptar los sistemas de transporte urbano, tanto el transporte público como el uso de los autos en las áreas u horas conflictivas.

Una primera preocupación debe ser mitigar los efectos de la congestión sobre quienes no la crean o hacen un escaso aporte a ella, para lo cual es necesario:

- afianzar y recuperar, donde pudiera haberlo perdido, el carácter de bien público del sistema vial, facilitando la libre circulación de quienes no contribuyen a la congestión o lo hacen en forma poco significativa. Principalmente, se trata de asegurar al transporte público rutas expeditas, darle determinadas preferencias de circulación, y donde sean apropiados, carriles segregados para que no se vea demorado por la congestión;
- asegurar espacios adecuados para los peatones;
- mantener bajo control la emisión de contaminantes, y
- acotar la congestión para evitar que ponga en peligro la calidad de vida y sostenibilidad de las ciudades.

Reducir la congestión tiene también como consecuencia disminuir las emisiones de contaminantes atmosféricos, puesto que el sistema de transporte, en la mayoría de las ciudades del mundo, es uno de los principales responsables de la polución atmosférica. Por ello, una estrategia integrada para atacar estos dos problemas puede conducir a soluciones más eficientes que la aplicación de medidas aisladas para combatir cada uno de ellos en forma separada.

Combatir la congestión tiene costos de diversa magnitud. Algunos deben ser solventados por los organismos públicos que implantan las medidas; otros afectan a la ciudadanía en general, en tanto que los relacionados con las acciones sobre la demanda recaen especialmente en los automovilistas.

Todo indica que debe intentarse un conjunto de acciones sobre la oferta de transporte, así como sobre la demanda, de modo de racionalizar el uso de las vías públicas. Debe reconocerse que un estilo de movilidad basado esencialmente en el automóvil no es sostenible en el largo plazo, aunque no es necesario pensar en proscribirlo. El automóvil tiene muchas aplicaciones que facilitan la vida urbana, como hacer vida social, ir de compras o viajar a sitios alejados. Distinto es el caso de utilizarlo todos los días para ir al trabajo o lugar de estudio en las zonas de alto tránsito.

Se trata, por lo tanto, de diseñar políticas y medidas de carácter multidisciplinario que permitan mantener la congestión bajo control, pues no puede pensarse en eliminarla del todo. En el contexto de ciudades en regiones en desarrollo, aunque siempre deben considerarse las condiciones locales, lo más aconsejable parece ser abordar las siguientes medidas en forma prioritaria:

- rectificación de intersecciones
- mejoramiento de la demarcación y señalización
- racionalización del estacionamiento en la vía pública
- escalonamiento de horarios
- coordinación de semáforos
- reversibilidad de sentido de tránsito en algunas avenidas
- implantación de carriles segregados para buses, acompañada de una reestructuración de las líneas de transporte público

Junto con ello, es necesario construir una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de la ciudad, que permita compatibilizar la movilidad, el crecimiento y la competitividad, tan necesarias actualmente, con la sostenibilidad de la urbe y su calidad de vida. El tema es complejo y exige una alta capacidad profesional y de liderazgo de parte de las autoridades urbanas y de transporte, y tal vez podría facilitarse con el establecimiento de una autoridad única de transporte en zonas metropolitanas.

Mantener la congestión bajo control es un trabajo continuo y permanente. Herramientas hay, unas más efectivas que otras, unas más aceptadas que otras, pero mediante un conjunto de ellas que cuente con soporte ciudadano, es posible defenderse para no sucumbir ante el moderno flagelo de la congestión.

## Capítulo I

### **UNA CIUDAD VIVIBLE, COMPETITIVA Y SOSTENIBLE**

#### **1. La congestión, negativo y creciente fenómeno**

En los últimos años, especialmente a partir de principios del decenio de 1990, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado, sobre todo en las ciudades grandes, mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales. La congestión de tránsito se ha transformado en un flagelo de particular severidad, que se manifiesta en los países industrializados como también en los que están en desarrollo. Afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo y acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. Preocupante es que esta expresión de los tiempos actuales se haya ido acentuando, sin tener visos de alcanzar un cierto límite, transformándose en una pesadilla que amenaza la calidad de vida urbana.

Las últimas décadas han visto un aumento explosivo de la cantidad de vehículos motorizados en los países en vías de desarrollo, fruto de diversos factores, como el aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de ingresos medios, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta y una mayor oferta de vehículos usados. La creciente disponibilidad de automóviles ha permitido una mayor movilidad individual, que sumada al crecimiento de la población de las ciudades, la menor cantidad de habitantes por hogar y la escasa aplicación de políticas estructuradas de transporte urbano, ha potenciado la congestión. Aunque la mayor movilidad individual facilitada por el automóvil pueda considerarse positiva, tiene como contrapartida un uso más intensivo del espacio destinado a la circulación.

La consecuencia más evidente de la congestión es el incremento de los tiempos de viaje, especialmente en las horas punta, que alcanza en algunas ciudades niveles bastante superiores a los considerados aceptables. Además, la lentitud de desplazamiento exacerba los ánimos y fomenta el comportamiento agresivo de los conductores.

Otro resultado es la agudización de la contaminación ambiental. Su relación con la congestión es un aspecto que aún requiere ser estudiado en mayor profundidad, si bien existen valiosos antecedentes obtenidos en algunas ciudades de América Latina. La polución afecta la salud de todos, por lo que debiera ser mantenida por debajo de exigentes límites. Sin embargo, no sólo debe pensarse en la contaminación local, pues los vehículos emiten también gases de efecto invernadero, lo que otorga al tema una dimensión global que no puede obviarse.

A lo señalado deben agregarse otros importantes efectos perjudiciales, tales como mayor cantidad de accidentes, aumento del consumo de combustibles en el transporte y, en general, de los costos operacionales de los vehículos. Agrava la situación el hecho de que la congestión perjudica no sólo a los automovilistas, sino también a los usuarios del transporte colectivo, que en los países en vías de desarrollo son personas de ingresos menores; además de magnificar sus tiempos de viaje, tiene un resultado posiblemente aún más lamentado, cual es hacer subir el valor de los pasajes, como se explica en el capítulo II.

Sin embargo, no cualquier grado de congestión es indeseable. Es preferible tolerar un cierto nivel, antes que adoptar medidas que importen un costo mayor. Mal que mal, la congestión es manifestación de actividad e intentar suprimirla por completo podría significar inversiones desproporcionadas en la red vial o perjudicar notablemente emprendimientos de variada índole.

Está claro que la congestión aguda acarrea fuertes consecuencias negativas directas, aunque otras mucho más generales y preocupantes se ciernen sobre las urbes que la sufren.

## **2. Perjuicios para la competitividad**

La congestión entraba la eficiencia económica de una ciudad, pues impone sobrecostos que encarecen todas las actividades y se constituyen en freno para el desarrollo.

En un mundo como el actual, globalizado, con clientes cada vez más exigentes y numerosos lugares que otorgan ventajas a la inversión, las ciudades tienen que ser competitivas a nivel nacional y también internacional. Es condición para ello prestar atención y aminorar variados tipos de costos, entre los que se cuentan los relacionados con el transporte, como el tiempo dedicado a los desplazamientos, la energía consumida, el nivel de contaminación del aire y los accidentes. ¿Quién abriría un emprendimiento en ciudades donde los tiempos de viaje son intolerables o donde exista la duda de si se llegará a tiempo a los compromisos cotidianos?

Una ciudad con congestión grave posiblemente ahuyente a los inversionistas, por muy favorables que sean otras condiciones relevantes, como

la cercanía a las altas esferas del poder y la toma de decisiones, el acceso al financiamiento, la disponibilidad de mano de obra calificada, dado que en el mundo encuentran múltiples opciones para instalarse.

La congestión de tránsito, aunque pueda no ser la única causa, puede inducir el éxodo de diversas actividades desde el centro histórico, en procura de condiciones que permitan un mejor desempeño. Es un peligro real que el centro permanezca sólo como sede de instituciones gubernamentales, comercio menor y residentes de bajos ingresos, o incluso, sea abandonado parcialmente, todo lo cual redundaría en un deterioro manifiesto. Especialmente en las capitales, los centros históricos atesoran un rico patrimonio que merece no sólo ser preservado, sino mantenido vigente y en uso.

A mediano y largo plazo, la congestión puede hacer insostenible el estilo de vida de una urbe. Tiempos de viaje, consumos de combustibles y contaminación exagerados pueden anular la sinergia proveniente de la concentración de servicios y oportunidades ofrecidas por las ciudades. Ante un escenario de creciente entramamiento y peligro para la salud, cada vez más personas preferirán escapar de semejante entorno y migrar a otro lugar.

En suma, la congestión y sus consecuencias se están transformando paulatinamente en una aguda amenaza para la sostenibilidad de las ciudades.

### **3. La ciudad para vivir, desenvolverse y moverse**

Hay, no obstante, una importante consideración adicional.

Las notables ventajas que ofrecen las ciudades las han llevado a crecer y absorber población desde zonas rurales. Sin embargo, hoy por hoy no basta con los beneficios que trae la concentración de actividades, sino que, junto con ello, debe brindarse una calidad de vida acorde con la dignidad intrínseca del ser humano.

Actualmente se aprecia la calidad de vida como un valor fundamental y que, además, debe sostenerse en el tiempo. En otras palabras, hay que generar las condiciones que hagan más agradable el vivir y que ello sea en términos perdurables.

Competitividad y movilidad forman parte de la calidad de vida, en tanto provean más amplias oportunidades de desarrollo, trabajo y esparcimiento. Dichas condiciones favorecen la posibilidad de emprender, laborar, moverse, recrearse, todo lo cual es considerado necesario para una mejor ventura personal.

No obstante, favorecer indiscriminadamente la competitividad y movilidad puede conducir en determinadas circunstancias a perjudicar la calidad de vida. Así por ejemplo, una generosa ampliación de las calzadas para la circulación de automóviles puede confinar a los peatones a espacios notoriamente insuficientes, consumir áreas verdes en forma importante o provocar la segregación de zonas o barrios. Por el contrario, debe asegurarse

el espacio público para caminar, trotar o simplemente encontrarse con otras personas, pues ello es inherente al agrado de vivir y también incide en una mejor salud para los sedentarios ciudadanos actuales.

En consecuencia, es menester desarrollar un concepto de la ciudad que se desea, en la que convivan armónicamente la eficiencia económica, la movilidad, un grado tolerable de congestión, un ambiente limpio y una mejor calidad de vida, todo ello, en condiciones sostenibles.

Está claro que la congestión de tránsito incontrolada va en contra de dichas aspiraciones y puede deparar un futuro inquietante. Por tanto, resulta necesario combatirla en el corto y mediano plazo mediante conocimientos técnicos, además del aprendizaje con respecto a medidas útiles y sostenibles, que deben ir acompañadas de nuevas actitudes ciudadanas en relación con la movilidad, el sistema de transporte, el espacio público y el tránsito.

Sin embargo, la congestión no es un problema que deba afrontarse tan sólo en forma técnica y autónoma, sino como parte de los esfuerzos por desarrollar ciudades para las personas. Al diseñar medidas concretas, deben considerarse también los diversos impactos sobre el desarrollo armónico de la urbe y prevenir efectos negativos. Por ello, se requiere de un enfoque integral, que permita alcanzar ciudades de mayor calidad de vida y sostenibles en el tiempo.

## Capítulo II

### CAUSAS Y COSTOS DE LA CONGESTIÓN

#### A. ¿QUÉ ES LA CONGESTIÓN?

##### 1. El uso popular y la definición según el diccionario

La palabra “congestión” es utilizada frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. El Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular.

Para controlar un fenómeno  
debemos entenderlo:  
¿Qué es la congestión?

Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter subjetivo y no conllevan una precisión suficiente.

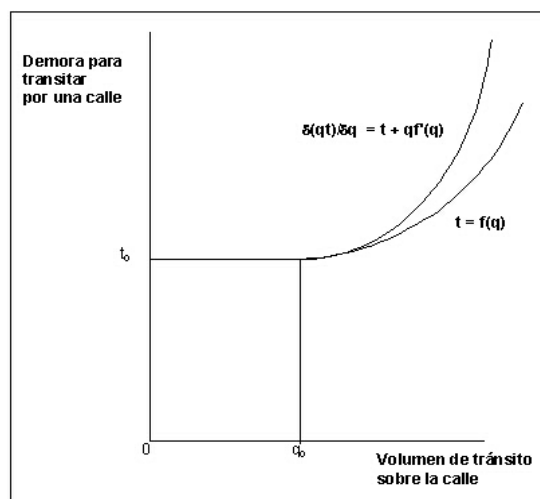
##### 2. Una explicación técnica

La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson y Bull, 2001).

¿En qué punto comienza  
la congestión?

A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación. El gráfico II.1 presenta, mediante la función  $t = f(q)$ , el tiempo ( $t$ ) necesario para transitar por una calle, a diferentes volúmenes de tránsito ( $q$ ). La otra curva,  $d(qt)/dq = t + qf'(q)$ , se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito ( $q$ ), el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional.

Gráfico II.1  
REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL CONCEPTO  
DE CONGESTIÓN DE TRÁNSITO



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de la teoría económica (curva de oferta).

Puede observarse que las dos curvas coinciden hasta el nivel de tránsito  $q_0$ ; hasta allí, el cambio en el tiempo de viaje de todos los vehículos es simplemente el tiempo empleado por el que se incorpora, porque los demás pueden seguir circulando a la misma velocidad que antes. Por el contrario, de ahí en adelante las dos funciones divergen, estando  $d(qt)/dq$  por encima de  $t$ . Eso significa que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando. En consecuencia, el usuario individual percibe sólo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento (Ortúzar, 1994). En el lenguaje especializado, se dice que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los costos marginales sociales.

En estricto rigor, los usuarios tampoco tienen acabada noción de los costos medios privados, puesto que, por ejemplo, pocos automovilistas poseen una idea clara de cuánto les cuesta realizar un viaje adicional, en términos de mantenimiento, desgaste de neumáticos, y otros. Por otra parte, sí perciben los costos que les carga el gobierno –particularmente el impuesto sobre los combustibles– que son meras transferencias del automovilista al Estado, todo lo cual distorsiona su forma de tomar decisiones.

Otra conclusión, que por lo demás se puede corroborar mediante simple observación, es que a bajos niveles de congestión, un incremento del flujo no aumenta significativamente el tiempo de viaje; pero a niveles mayores, el mismo aumento absoluto incrementa considerablemente las demoras totales.

De acuerdo con la definición entregada, la congestión empieza con un volumen de tránsito  $Oq_0$ . Sin embargo, en general ello sucede a volúmenes relativamente bajos, lo que no coincide con la interpretación popular del concepto.

### 3. Hacia una definición práctica en el caso del tránsito

Algunos textos especializados no ofrecen definiciones muy rigurosas de la congestión.

¿Existe una deficiencia objetiva de la congestión?

Dos renombrados especialistas en el tema del modelaje de transporte consideran que “surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda” (Ortúzar y Willumsen, 1994). Si bien refleja la percepción de la ciudadanía, esta definición no propone límites exactos para el inicio del fenómeno.

Un intento de definir el término en forma precisa y concordante con la percepción habitual, fue el que se hizo en un proyecto de ley tal como fue aprobado por la Cámara de Diputados de Chile, destinado a implantar la tarificación vial. Como se pretendía evitar la discrecionalidad de las autoridades, la definición fue muy taxativa. Se declaraba congestionada una vía cuando en más de la mitad de su extensión total, considerando tramos no necesariamente consecutivos, la velocidad media espacial del flujo fuese inferior al 40% de la velocidad en régimen libre. Esta condición debería verificarse al menos durante cuatro horas diarias entre martes y jueves, mediante mediciones hechas en cuatro semanas seguidas entre marzo y diciembre. También se consideró una definición exacta para zonas congestionadas.<sup>1</sup> La definición fue quizás demasiado precisa y de difícil aplicación práctica, aunque hasta ahora no ha sido necesario implementarla, pues el proyecto no ha recibido aprobación legislativa.

<sup>1</sup> Proyecto de ley en Chile que dispone el pago de un derecho por el uso de vías urbanas afectas a congestión vehicular.

Sin ser tan minuciosos y manteniendo la aspiración de objetividad, el término congestión podría definirse como “la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta la demora de los demás en más de  $x\%$ ”. Una definición objetiva, aunque todavía arbitraria de la congestión, sería el volumen de tránsito en que  $d(qt)/dq = at$ , siendo por ejemplo  $a = 1.50$ . Es decir, la congestión comenzaría en el momento en que el cambio en la demora de todos los vehículos ya presentes en el flujo fuere igual a la mitad del tiempo de viaje que tendría un vehículo adicional.

## B. CAUSAS DE LA CONGESTIÓN

### 1. Características del transporte urbano que provocan la congestión

El sistema de transporte, incluyendo la provisión de suelo urbano para infraestructura de transporte, se desenvuelve bajo características propias muy particulares, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

¿Por qué las ciudades grandes son propensas a la congestión?

- la demanda de transporte es “derivada”, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse; generalmente, obedecen a la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades: trabajo, compras, estudio, recreación, descanso, y otros, todas las cuales se realizan en lugares diferentes.
- la demanda de transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las que se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en buena forma las horas del día para realizar las distintas actividades y tener oportunidad de contacto con otras personas.
- el transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo; como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda.
- las opciones de transporte que presentan las características más apetecidas –es decir, seguridad, comodidad, confiabilidad, autonomía, como es el caso del automóvil– son las que hacen un mayor uso del espacio vial por pasajero, como se explica más adelante.
- especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado.
- a raíz de todo lo anterior, se produce congestión en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales, y pérdida de calidad de vida.

Un factor agravante es, como se indicó en la sección anterior, que el costo de la congestión no es percibido plenamente por los usuarios que contribuyen a generarla. Cada vez que esto ocurre, el bien o servicio involucrado se consume más de lo conveniente para la sociedad. Como los usuarios no experimentan los mayores costos de tiempo y operación que causan a los demás, sus decisiones sobre ruta, modo, origen, destino y hora de los viajes son tomadas, no sobre la base de los costos sociales, sino sólo de los costos propios, o mejor dicho, de una percepción frecuentemente parcial de esos costos. El resultado lógico es una sobreexplotación de la vialidad existente, al menos en determinadas zonas y horas.

## 2. El problema es creado principalmente por los automóviles

Algunos vehículos generan más congestión que otros. En la ingeniería de tránsito cada tipo de vehículo tiene asignada una equivalencia en una unidad de vehículos de pasajeros denominada *pcu* (*passenger car unit*). Un automóvil tiene una equivalencia de 1 *pcu*, y los demás vehículos, una equivalencia que corresponde a su influencia perturbadora sobre el flujo de tránsito, o el espacio vial que efectivamente ocupan, en comparación con la de un automóvil. Normalmente, se considera que un bus tiene una equivalencia aproximada de 3 *pcu*, y un camión, una de 2 *pcu*. Estrictamente, el factor *pcu* varía según se trate de una aproximación a una intersección o de un tramo vial entre intersecciones.

¿Por qué congestiona más el automóvil?

Aunque el bus ocasiona más congestión que el automóvil, generalmente transporta más personas. Si un bus lleva 50 pasajeros, y un automóvil transporta, en promedio, 1.5 personas, entonces cada ocupante del automóvil produce 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero del bus. Por lo tanto, a igualdad de otras condiciones, la congestión se reduce si aumenta la participación de los buses en la partición modal de los viajes. Salvo que éstos transporten menos de 4.5 pasajeros, causan, en promedio, menos congestión que los autos. No es normal que los buses transporten menos de 4.5 pasajeros, pero puede ocurrir, como sucedió por ejemplo en sectores de Santiago de Chile hacia fines del decenio de 1980, en los horarios fuera de punta, o en Lima 10 años después.

La existencia de un número excesivo de vehículos de transporte público contribuye a agravar la congestión, como se observa en algunas ciudades. Una de las características de los modelos económicos en vigor es la desregulación. En el área del transporte urbano de pasajeros, una desregulación amplia normalmente se traduce en una acentuada expansión de las flotas de buses y taxis y un deterioro del orden y la disciplina asociadas con su operación.

Este fenómeno contribuyó de manera importante al deterioro en la congestión en Santiago en el decenio de 1980 y en Lima en la década siguiente.

La liberalización de la importación de vehículos usados y la desregulación del transporte colectivo tuvieron efectos simultáneos particularmente agudos en Lima. En Santiago, que a fines de los años ochenta tenía unos 4 300 000 habitantes, la importación de vehículos usados ocurrió sólo excepcionalmente, y la flota dedicada al transporte colectivo (buses de todos los tipos, más taxis colectivos) no sobrepasó las 16 000 unidades. Pero a mediados de los años noventa, en Lima, ciudad entonces de unos 6 700 000 habitantes, la flota había llegado por lo menos a 38 000 unidades (aunque algunas fuentes indican que el número real luego se aproximó a 50 000). Es decir, a mediados de los años noventa, el número de unidades por habitante en Lima fue entre 52% y 101% más alto que el correspondiente a Santiago unos siete años antes, en momentos en que la desregulación chilena producía sus resultados más dramáticos.

### **3. La condición de las vías y las prácticas de conducción contribuyen a la congestión**

#### **a) La vialidad de las ciudades: problemas de diseño y conservación**

El inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. En muchas ciudades latinoamericanas, como Caracas, la lluvia acumulada sobre las calzadas reduce la capacidad de las vías y, por ende, agrava la congestión.

¿Hay otros factores que agravan la situación?

#### **b) Algunas conductas causan más congestión que otras**

Hay conductores que muestran poco respeto por aquellos con quienes comparten las vías. En algunas ciudades, como Lima, muchos automovilistas intentan ahorrarse algunos segundos de tiempo de viaje, y tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando a los demás perjuicios económicos muy superiores a su propio beneficio. En otras ciudades, como Santiago, es tradición que los buses se detengan en el punto inmediatamente anterior a una intersección, lo que causa congestión (y accidentes). En estas ciudades, como en otras que cuentan con una oferta generosa de taxis que no

acostumbran operar a partir de paraderos fijos, éstos circulan a baja velocidad en búsqueda de pasajeros, lo que también genera congestión.

A las conductas anteriores debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos o de tracción animal. Cabe tener presente que al reanudarse la marcha después de la detención en un semáforo, se genera una suerte de congestión debida al atraso que impone a vehículos con tasas de aceleración normales la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un vehículo varado perturba gravemente la fluidez del tránsito, pues elimina de hecho una pista de circulación.

Imagen II.1

**LA CONDUCTA EGOÍSTA E INDISCIPLINADA DE LOS MOTORISTAS  
DE LIMA REDUCE LA CAPACIDAD DE LA RED VIAL  
A UNA FRACCIÓN DE SU POTENCIAL**



**Fuente:** Foto de Ian Thomson.

**c) La información disponible sobre las condiciones del tránsito es deficiente**

Otro factor que aumenta la congestión es el desconocimiento de las condiciones de tránsito. Si un motorista que dispone de dos rutas, A y B, para llegar a su destino, supiera que las condiciones de tránsito están deterioradas en la ruta A, podría emplear la B, donde su propia contribución a la congestión sería inferior. Un estudio de una ciudad hipotética efectuado en la Universidad de Texas, Estados Unidos, indica que estar informado sobre las condiciones

de tránsito en las distintas partes de la red puede reducir la congestión mucho más que medidas tan drásticas como cobrar por circular en vías congestionadas (IMT, 2000). El desconocimiento básico de la red de calles también podría aumentar el kilometraje medio de cada viaje y contribuir a la congestión.

#### **d) Como consecuencia, prevalece una capacidad disminuida**

En general, tanto la conducta de los motoristas como la condición de la vialidad y los vehículos significa que una calle o una red urbana en América Latina tenga seguramente una capacidad inferior que otra de dimensiones geométricas iguales ubicada en Europa o Norteamérica. Mediciones realizadas en Caracas a principios del decenio de 1970 establecieron que una autopista en ese lugar tenía sólo 67% de la capacidad de otra norteamericana de dimensiones semejantes.<sup>2</sup> Esta diferencia porcentual debe variar de una ciudad a otra, aunque no cabe duda que la propensión a congestionarse de los sistemas viales de las ciudades latinoamericanas es, en general, relativamente grande.

### **4. También hay un problema institucional**

En casi todas las ciudades de América Latina, el deterioro de las condiciones de circulación ha sido significativamente más grave de lo que podría y debería ser, en parte debido a un manejo inapropiado de las autoridades competentes. Es obvio que el problema ha superado claramente la capacidad institucional para lidiar con dicha situación.

¿Cómo han enfrentado el problema las autoridades?

Hasta aquí, la reacción de las autoridades ha sido parcializada, debido a que, virtualmente en toda la región, la responsabilidad de la planificación y administración del transporte urbano está fragmentada en una multiplicidad de entes, entre los que se cuentan distintos ministerios nacionales, gobiernos regionales, municipalidades, empresas de trenes suburbanos o de metro, la policía de tránsito, y otros. Cada uno hace lo que considera más indicado, sin tomar mucho en cuenta las repercusiones sobre los intereses de las demás instituciones.

Una municipalidad, por ejemplo, temiendo el desvío de actividad económica a otra parte de la ciudad, puede autorizar la construcción de edificios para estacionamientos, o permitir el estacionamiento en las calles, sin preocuparse del impacto de la congestión generada sobre los usuarios de la vialidad que cruzan la mencionada zona.

<sup>2</sup> Cifras calculadas sobre la base de datos de Vorhees (1973) y Winfrey (1969).

Otra situación que refleja consecuencias de decisiones descoordinadas y que no prevén repercusiones más amplias, puede producirse en el entorno de una vía de transporte masivo, como el metro. Debido a la mayor accesibilidad creada, se densifica el uso del suelo y se construyen edificios de oficinas; las reglas municipales suelen exigir una cantidad mínima de estacionamientos propios a estas edificaciones, con lo que se estimula la llegada del personal en automóvil. Es decir, este conjunto de medidas propicia el aumento de la congestión.

Además, en un área tan sensible como el transporte urbano, se ejercen fuertes presiones por parte de grupos organizados –por ejemplo, los transportistas– y también de políticos que plantean sus puntos de vista y, en ocasiones, salen en defensa de determinados intereses, lo que hace aún más compleja la situación.

Todos los factores mencionados son fuente de distorsiones, en circunstancias que el tránsito urbano debe manejarse en forma integral y técnica, en lugar de separadamente a nivel de cada institución o en favor de intereses sectoriales.

## **C. LA INVASIÓN DEL AUTOMÓVIL**

La última década del siglo XX trajo consigo un fuerte incremento en la cantidad de automóviles en circulación en América Latina, así como en su uso para los más variados propósitos, incluidos los viajes a los lugares de trabajo y estudio, con lo que se presiona significativamente la red vial. ¿A qué se deben estos fenómenos?

### **1. Las reformas económicas han hecho más accesible el automóvil**

Las reformas económicas de los años noventa en la región trajeron consigo, entre otros efectos, tasas de crecimiento económico más altas y la reducción del precio de los automóviles.

¿Cómo han incidido las reformas económicas en la posibilidad de adquirir un automóvil?

De tasas de crecimiento por habitante casi siempre negativas en los años ochenta, se pasó a tasas positivas relativamente elevadas en los noventa. Por ejemplo, Uruguay pasó de un crecimiento medio anual de -1% entre 1981 y 1988 a uno de +4% entre 1991 y 1994 (CEPAL, 1989 y 1995a). Esto ha repercutido favorablemente en los ingresos personales, dejando mayor disponibilidad para la adquisición de bienes durables.

Simultáneamente, en muchos casos se redujo la carga impositiva sobre los automóviles, particularmente los aranceles aduaneros. Además, en algunos

países ocurrió una apreciación del tipo de cambio, lo que en definitiva abarató los productos importados. En Colombia, por ejemplo, la tasa de cambio real en 1994 equivalía sólo al 75% de la existente en 1990 (BID, 1995).

Esta tendencia no se traduce necesariamente en precios menores, porque al mismo tiempo la calidad de los vehículos ha mejorado. Sin embargo, en el caso de aquellos vehículos cuyas características se mantienen relativamente constantes, se observa una reducción real de los precios al comprador. Por ejemplo, en 1996 en el mercado chileno, el precio de venta de un Volkswagen Escarabajo era el equivalente de 7 780 dólares; en cambio, en 1982 era, en precios de 1996, de 8 902 dólares.

Con toda seguridad, la baja real en los precios de venta de autos usados ha sido aún mayor, aunque es muy difícil obtener datos confiables sobre la materia. La tasa de depreciación de los autos se relaciona directamente con la tasa de propiedad. En países donde hay pocos vehículos por persona, un automóvil de segunda mano es un bien relativamente escaso y el precio al que se negocia refleja una oferta limitada y, a veces, una demanda abundante. El crecimiento de las tasas de motorización en América Latina en los últimos años ha reducido la escasez relativa de automóviles usados, tendiendo, de esa manera, a aumentar la oferta, a disminuir la demanda –porque una mayor proporción de los habitantes ya tiene uno– y, por ende, a hacer bajar sus precios, poniéndolos dentro del alcance de familias de menores ingresos.

En consecuencia, en el escenario latinoamericano los ingresos reales suben y los precios de los automóviles tienden a bajar.

## 2. La popularización de la propiedad de automóviles

En las ciudades latinoamericanas, la evolución de los ingresos de los residentes y de los precios de los automóviles, particularmente de los usados, hace que la propiedad de un vehículo esté dejando de ser un sueño inalcanzable y se transforme en un hecho consumado para muchas familias. El aumento de la tasa de motorización es un fenómeno que se repite en casi toda América Latina y ha permitido, especialmente a la clase media, cosechar uno de los frutos más importantes del avance tecnológico del siglo XX.

¿Qué ha sucedido con la cantidad de automóviles?

En los países en que la reforma económica se impuso de una manera rápida, la importación de automóviles creció en forma igualmente acelerada (véase el cuadro II.1).

Cuadro II.1  
**ECUADOR Y PERÚ: IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS<sup>a</sup>**  
*(En miles de dólares)*

Año	Ecuador <sup>b</sup>	Perú
1989	10 062	6 482
1990	23 432	11 880
1991	23 554	170 668
1992	166 109	213 018
1993	245 895	165 647
1994	374 038	252 421

**Fuente:** CEPAL, sobre la base de informaciones oficiales.

<sup>a</sup> Las cifras excluyen a los buses.

<sup>b</sup> Las cifras se refieren específicamente a vehículos de transporte particular, dentro del rubro de bienes de consumo durables.

La columna correspondiente a Perú muestra que de 1990 a 1991 el valor de las importaciones de automóviles se multiplicó por 14. Perú liberó no solamente la importación de automóviles nuevos, sino también de usados (exceptuando un breve período entre febrero y noviembre de 1996). Por lo tanto, el precio medio por unidad bajó, lo que indica que el número de unidades importadas habría crecido en una proporción mayor que los gastos de importación.

En algunos países fabricantes de automóviles, las reformas económicas se tradujeron en un aumento tanto en las importaciones de vehículos, como en la producción nacional. Así ocurrió en Brasil, donde la importación de automóviles estuvo sujeta durante décadas a fuertes gravámenes, como parte de una política de fomento de la producción nacional de esos bienes. De 1990 a 1994, a partir de una base mínima, la importación creció en más de 10 000%. Sin embargo, la producción nacional subió también en 70%. La exportación se frenó, porque los fabricantes prefirieron colocar su producción en el creciente mercado interno (véase el cuadro II.2). Influyó también, durante un período a partir de mediados de 1994, la apreciación de la moneda local. Un resultado concreto es que entre 1990 y 1996 en São Paulo, la población creció un 3.4%, y la flota de vehículos, en 36.5%.

Cuadro II.2  
**BRASIL: CONSUMO APARENTE DE AUTOMÓVILES<sup>a</sup>**

Año	Unidades		Consumo aparente de autos <sup>a</sup>
	Importadas	Producidas	
1990	1 310	602 545	483 084
1991	11 146	615 097	499 090
1992	30 714	667 229	454 817
1993	70 438	929 582	750 413
1994	138 679	1 026 827	890 691
1995	320 261	1 147 897	1 278 437

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "El tránsito urbano en la era de la apertura económica", *Boletín FAL*, N° 132, Santiago de Chile, marzo-abril (<http://www.eclac.cl/transporte>), 1997.

<sup>a</sup> Producción + importación - exportación.

Sobre la base de datos correspondientes a los 34 municipios del Gran Santiago, se dedujo la siguiente ecuación para determinar la cantidad de automóviles por familia:

$$y = e^{(0.2850 - 134.5746/x)}$$

donde,

y = automóviles por familia

x = ingreso mensual por familia en pesos de 1990

Esta ecuación tiene la forma esperada, aunque podría ser objeto de reparos técnicos.<sup>3</sup> A partir de ella, se puede estimar la elasticidad o variación unitaria de la tasa de propiedad de automóviles con respecto al nivel de ingresos. En el cuadro II.3 se observa que la elasticidad está relacionada inversamente con el nivel de ingresos. Aunque la elasticidad en comunas de bajos ingresos (La Pintana) tenga un valor muy alto, un aumento en ingresos de 1% se traduce en un incremento reducido en el número absoluto de autos por familia. Por otra parte, un aumento de 1% en los ingresos en una comuna de ingresos medianos se traduce en un incremento en el número absoluto de automóviles por familia, muy semejante al correspondiente a una comuna de muy altos ingresos.

<sup>3</sup> La ecuación fue ajustada ( $r = 0.9586$ ) a partir de datos recopilados a nivel de municipios en una encuesta de transporte de tipo corte transversal, llevada a cabo en 1991. Los cambios que estima la ecuación en la tasa de propiedad de automóviles son sólo en función del cambio en los ingresos familiares; no incorporan la influencia de cambios en los precios o en la calidad de los automóviles, ya que estos factores permanecen constantes en un análisis de tipo corte transversal. En la realidad, los precios han tendido a bajar y la calidad de los vehículos a subir, por lo que los aumentos en las tasas de propiedad, a lo largo de los años, son superiores a los pronosticados por la ecuación.

Cuadro II.3  
**SANTIAGO DE CHILE (TRES MUNICIPIOS): ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO  
 EN LA PROPIEDAD DE AUTOMÓVILES POR FAMILIA AL AUMENTAR  
 LOS INGRESOS MEDIOS**

Municipio	Ingreso familiar mensual	Autos por familia	Elasticidad de la tasa de autos por familia con respecto al ingreso familiar	Aumento en autos por familia si los ingresos familiares suben 1%
Vitacura	589 700	1.71	0.23	0.0039
Santiago (centro)	126 700	0.311	1.06	0.0033
La Pintana	39 730	0.051	3.39	0.0018

**Fuente:** J. Kain y Z. Liu, *Efficiency and Locational Consequences of Governments Transports Policies and Spending in Chile*, Harvard, Harvard Project on Urban and Regional Development in Chile, 1994, cuadro A.7.

La conclusión más importante que se puede derivar de este análisis es que un aumento en los ingresos tiene el efecto de elevar significativamente la propiedad de automóviles, no solamente en los barrios de mayores ingresos, sino también en los de ingresos medios. Así, el parque de automóviles en Santiago creció a una tasa anual de 8% durante la década de 1990.

### 3. Donde menos autos hay, parece más difícil desplazarse

El creciente número de vehículos presiona sin duda en favor del aumento de la congestión. En todo caso, las tasas de propiedad de los automóviles en las ciudades latinoamericanas siguen siendo muy inferiores a las tasas en los países desarrollados. En 1980, en ciudades norteamericanas como Houston, Los Angeles, Phoenix, San Francisco, Detroit, Dallas, Denver, Toronto y Washington, el número de automóviles por persona fluctuaba entre 0.55 y 0.85, mientras que en urbes europeas, como Bruselas, Amsterdam, Copenhagen, Frankfurt, Hamburgo, Londres, Stuttgart y París, variaba entre 0.23 y 0.43. Diez o 15 años más tarde, algunas ciudades latinoamericanas aún no contaban con más de 0.02 autos por habitante (por ejemplo, Chiclayo o Huancayo en el Perú). En Lima, a pesar del ya comenzado auge en la importación de vehículos, no había más de 0.05 autos por persona. En el Gran Santiago había 0.09. Por otra parte, en un número reducido de ciudades latinoamericanas, la tasa de propiedad ya se aproximaba al límite inferior existente en las ciudades europeas occidentales. En Curitiba, por ejemplo, en 1995, ya había alrededor de 0.29 autos por persona.

¿Sólo la cantidad de vehículos presiona la congestión?

A pesar de lo indicado, hay evidencias de que es más fácil desplazarse en las ciudades grandes del mundo desarrollado que en las comparables de América Latina. En Quito, cuya población en 1990 era de aproximadamente un millón de habitantes, el viaje promedio entre el hogar y el lugar de trabajo era de 56 minutos; en München, que contaba con 1.3 millones de habitantes, la demora era de 25 minutos. En Bogotá (5 millones de habitantes), la demora era de 90 minutos, mientras que en Londres (6.8 millones) era de 30 minutos. Se pueden citar muchos otros ejemplos que afirman lo mismo. Está claro que en las ciudades del mundo desarrollado hay una mayor capacidad de convivir con el automóvil, eludiendo sus peores consecuencias, lo que en América Latina aún no se ha aprendido.

Además, parece más fácil circular en las ciudades latinoamericanas con las mayores tasas de propiedad de automóviles que en muchas de ellas donde dichas tasas son menores. Por ejemplo, Curitiba tiene más autos por persona que Ciudad de Guatemala, que es de un tamaño comparable, pero viajar en la capital paranaense en automóvil o transporte colectivo es una experiencia bastante menos desagradable que hacer lo mismo en dicha ciudad centroamericana.

La explicación a estas aparentes incongruencias hay que buscarla en la marcada propensión al uso intensivo del automóvil para todo tipo de fines.

#### **4. La fuerte influencia de factores subjetivos**

Una característica que agrava la congestión en América Latina es la marcada preferencia de las personas por usar el automóvil. Un claro ejemplo se vio en México D.F., que sufre desde hace años agudos problemas de congestión. A fin de disminuir la polución ambiental, se implantó allí la prohibición de circular de lunes a viernes a un quinto de los vehículos; esta drástica determinación no logró persuadir a los afectados para que usaran modos colectivos, a pesar de que existe una extensa red de metro. Por el contrario, la respuesta fue una extendida adquisición de vehículos adicionales para eludir los efectos de la medida, prefiriendo muchos soportar la congestión, antes que utilizar el transporte público.

En las mencionadas circunstancias, aunque las autoridades responsables del transporte urbano latinoamericano tuviesen ideas claras acerca de cómo controlar el tránsito en la ciudad (por desgracia, a veces no las tienen), difícilmente podrían llevarlas a la práctica porque los diputados o concejales, preocupados de no perder votos entre los cada vez más numerosos propietarios de automóviles particulares, no les darían su visto bueno.

Los habitantes de las ciudades del mundo desarrollado son menos propensos a ocupar sus automóviles para desplazarse a la oficina en las horas punta de la mañana. Claramente, se hace una distinción entre la propiedad de un auto y su uso en situaciones en que se generan dificultades mayores. Un

banquero neoyorquino o londinense, residente en los suburbios de su ciudad, nunca contemplaría viajar diariamente a *Wall Street* o a la *City* en automóvil, por contar en ambos casos con un sistema de transporte público de buena calidad. Su contraparte paulista o santiaguino no consideraría llegar al centro de otra manera. Es probable que en el futuro haya un cambio en la actitud de los automovilistas y, de hecho, en algunas ciudades de más acentuado desarrollo cultural –como Buenos Aires, donde la calidad del transporte público es también superior al promedio de las ciudades latinoamericanas– ya se observa una mayor disposición a desplazarse por medios públicos que en algunas otras ciudades de la región.

¿En qué radica o cómo se explica la marcada preferencia por usar el vehículo particular? Un importante aspecto es el estatus. En América Latina, el automóvil todavía es considerado no sólo un medio de locomoción, sino un indicador de la ubicación de su dueño en la sociedad. Quien maneje un BMW será considerado superior a otra persona que se desplace en un Suzuki. Quien llegue a la oficina en un automóvil, en lugar de autobús, es considerado un individuo que ha escalado en posición social. El prestigio que acarrea ser automovilista incide con fuerza en los volúmenes de tránsito.

¿Qué motiva la conducta de privilegiar el uso del automóvil?

Además de esas razones, relacionadas con la estructura social y las características culturales, en la región influyen, entre otras, las siguientes consideraciones:

- la deficiente calidad de los autobuses en relación con las aspiraciones de los propietarios de autos
- los altos coeficientes de ocupación de los autobuses en horas punta
- la sensación de inseguridad ante formas temerarias de conducir de algunos operadores de buses<sup>4</sup>
- la posibilidad, real o supuesta, de ser víctima de la delincuencia a bordo de vehículos de transporte colectivo

La preferencia por desplazarse en automóvil se manifiesta como problema en las horas punta, cuando se concentran los viajes por motivos de trabajo y estudio. Ni siquiera una fuerte demora en los desplazamientos es causal de dejar el auto. Enfrentados a la opción de llegar a su destino lentamente en vías congestionadas, o un poco más rápido en transporte público, no es seguro que muchos automovilistas latinoamericanos optarían por la segunda alternativa.

<sup>4</sup> Una encuesta telefónica, realizada en Santiago de Chile en marzo de 2001, revela que 63% de los usuarios del transporte público opina que movilizarse en él es inseguro en términos de accidentes de tránsito, en tanto que el 70% manifiesta que los choferes conducen en forma irresponsable (dada a conocer por el diario electrónico *El Mostrador*, 12 de abril, 2001) (<http://www.elmostrador.cl>).

Variadas consecuencias, como las siguientes, son producto del favoritismo con que cuenta el automóvil:

- el traspaso de automovilistas a nuevos sistemas de transporte público de calidad corriente podría ser relativamente reducido, de manera que la gran mayoría de los usuarios de una nueva línea de metro provendría de los buses, más que del transporte particular
- para interesar a los automovilistas en el transporte público habría que ofrecerles una opción superior, no sólo en términos de su calidad objetiva (tarifa, tiempo de viaje y frecuencia), sino también por sus atributos subjetivos (aire acondicionado, asientos reclinables y otros)
- aunque se cobraran altos impuestos por el combustible, el uso de las calles, o los estacionamientos, pocas personas se cambiarían del automóvil al transporte público. Por lo tanto, i) estas medidas servirían más bien para recaudar dinero que para modificar la conducta de los viajeros y ii) subir esos impuestos tendría como consecuencia altos ingresos fiscales, pero produciría relativamente pocos beneficios sociales

La preferencia por movilizarse en auto puede traer otras consecuencias, que trascienden los límites del sector transporte propiamente tal, con implicaciones macroeconómicas negativas. Considérense, por ejemplo, las alzas en los precios de los combustibles para automóviles, a raíz de los aumentos en los precios internacionales del petróleo durante 1999 y 2000. Probablemente, el automovilista latinoamericano típico no redujo mucho el uso de su vehículo, sino el consumo de otros bienes y servicios, rebajando en el corto plazo la demanda de éstos, muchos de los cuales son producidos por la economía nacional. Al mismo tiempo, en los países importadores aumentó la cantidad de divisas empleadas en los combustibles, debido a su mayor precio y una demanda inelástica o poco sensible a las variaciones de precio.

Contar con un automóvil para ir a un centro comercial, visitar a parientes o amigos en barrios lejanos, o salir de la ciudad, es uno de los frutos del desarrollo económico; sus costos son generalmente internalizados en gran parte por el dueño del vehículo, en la medida en que esos desplazamientos ocurran en horas de escasa congestión. Pero usarlo todos los días para ir a la oficina en el centro de la ciudad genera costos externos de congestión y contaminación y causa importantes perjuicios a la sociedad. Lograr un mejor equilibrio entre la propiedad y el uso del automóvil constituye uno de los mayores desafíos que se plantean hoy en el sector transporte de la región.

## **D. ¿CUÁN GRAVE ES EL PROBLEMA Y QUIÉNES LO SUFREN?**

### **1. Diversos indicadores revelan una situación agravada y que empeora**

El transporte urbano en su conjunto es una actividad de importante magnitud en el devenir de un país. La operación de los vehículos que circulan en las vías de ciudades de más de 100 000 habitantes consume alrededor de 3.5% del PIB de América Latina y el Caribe, sin considerar los viajes opcionales, como los de fines de semana. El valor social del tiempo consumido en los viajes equivale a aproximadamente otro 3% del PIB (Thomson, 2000b). De estas cifras se desprende que los recursos dedicados al transporte urbano son muy significativos.

Es muy probable que esos porcentajes vayan en aumento, por varias razones. Una, es el ya comentado aumento de la tasa de motorización y la tendencia al uso intensivo del automóvil. Otra, es la expansión de las ciudades y la consecuente extensión del largo de los viajes (Thomson, 2002a).

Es inevitable que una demanda creciente sobre una oferta vial relativamente constante redunde en una disminución progresiva de las velocidades de circulación. La situación se está deteriorando a tasas aceleradas, según revela la forma de las ecuaciones –obtenidas en forma estadística– que relacionan la velocidad de circulación en una calle con el volumen de tránsito.

En las horas punta, gran parte de la red vial en las ciudades latinoamericanas opera muy cerca de su capacidad, lo que implica que pequeños aumentos en los flujos de tránsito agraven muy severamente la congestión. Aunque no hay muchas cifras que reflejen concretamente la tendencia de la congestión a lo largo de los años, datos de São Paulo indican que en 1992, en promedio, unos 28 kilómetros de la red principal de las vías sufría de congestión aguda en las mañanas, y 39 kilómetros en las tardes; en 1996, los kilómetros afectados habían subido a 80 y 122, respectivamente (Companhia de Engenharia de Tráfego, 1998).

¿Cuán grave es el problema?

El caso de Santiago de Chile es interesante por el hecho de ser la capital del país latinoamericano en que comenzó el proceso de reforma y apertura económica. Hay congestión creciente, que no se observa solamente en las comunas más adineradas, sino también en algunas de ingresos medianos. En las avenidas de los barrios de mayores ingresos, situados en el noreste de la ciudad, y las vías hacia el centro se observa congestión, así como también en vías ubicadas en otras partes de la ciudad, donde los ingresos familiares son muy inferiores y que ni siquiera son zonas de pasada para personas de ingresos altos.

En cuanto al costo de la congestión causada, para las condiciones de Caracas en 1971, cuando la situación era menos grave que en la actualidad, se calculó que cada ocupante de automóvil generó, a precios de 2000, un costo de congestión de 0.18 dólares por kilómetro, y cada ocupante de bus, de 0.02 dólares por kilómetro.<sup>5</sup>

Parece razonable concluir que los costos de congestión son elevados y, a la inversa, que la adopción de medidas de costo moderado para rebajarla tendría beneficios netos significativos. Cálculos conservadores estiman que aumentar, en promedio, las velocidades de los viajes en auto en 1 km/h y los de transporte colectivo en 0.5 km/h implica una reducción de tiempos de viaje y de costos de operación por un valor equivalente a 0.1% del PIB (Thomson, 2000b).

De todos modos, el solo hecho de medir las velocidades del tránsito o cuantificar los costos de congestión no refleja del todo la profundidad del problema. De hecho, para limitar los efectos de la congestión, hay personas que cambian de conducta, adoptando hábitos que, idealmente, no serían de su preferencia, como salir de la casa muy temprano para adelantarse a los momentos de mayor congestión o residir en las cercanías del lugar de trabajo.

A lo señalado deben agregarse otras serias consecuencias que afectan severamente las condiciones de la vida urbana, entre las que se cuentan la incrementada contaminación del aire provocada por el consumo de combustibles en vehículos que circulan en un tránsito convulsionado a baja velocidad, los mayores niveles de ruido en el entorno de las vías principales, la irritabilidad causada por la pérdida de tiempo y el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva. Estos otros resultados de la congestión pueden ser difíciles de cuantificar, pero no por ello deben ignorarse, ya que son agravantes de una situación seria.

¿Las consecuencias de la congestión son sólo mayores costos?

## 2. ¿Quiénes pagan los costos de la congestión?

En primer lugar, debe decirse que los efectos perjudiciales de la congestión caen sobre todos los habitantes de las urbes, en términos de deterioro de su calidad de vida en distintos aspectos, como mayor contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud mental, y otros. Por lo tanto, de una forma u otra, nadie queda inmune a sus consecuencias.

¿Se escapa alguien de los efectos de la congestión?

<sup>5</sup> Estimaciones basadas en Thomson (1982).

Enfocando el análisis en quienes deben transportarse, se pueden analizar los efectos de la congestión mediante el desglose de su costo en dos componentes fundamentales: el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible. Ambos se ven aumentados al viajar bajo condiciones de congestión.

Está fuera de toda discusión que los propios automovilistas soportan las consecuencias de la congestión. Es decir, experimentan los efectos de lo que ellos mismos han originado, en términos de mayores tiempos de desplazamiento y costos de operación acrecentados.

Sin embargo, los automovilistas no son los únicos que sufren los efectos de la congestión. En efecto, la congestión agrava la condición ya deteriorada del transporte colectivo, de modo que también sus usuarios se ven afectados seriamente por ella, sin ser los causantes. Esta situación es fuente de inequidad social, pues el transporte público es empleado mayoritariamente por personas de menores recursos y que, por ello, son sus cautivos.

¿Cómo se ven perjudicados los usuarios del transporte colectivo?

#### **a) La congestión atrasa a los pasajeros de buses**

Evidentemente, la congestión obliga a los pasajeros de buses a demorarse más en efectuar sus desplazamientos. El mayor tiempo de viaje es un perjuicio real, que posiblemente no llame demasiado la atención debido a los ingresos relativamente bajos de estos pasajeros, lo que trae como consecuencia un bajo valor monetario de su tiempo personal.

En América Latina, especialmente, los usuarios de los autobuses urbanos tienen ingresos muy inferiores a los de los automovilistas urbanos. En Santiago de Chile, un análisis de los datos generados por el estudio de orígenes y destinos del año 1991 permite estimar el ingreso familiar de los pasajeros de buses en unos 99 321 pesos, y el de los usuarios de automóviles en unos 308 078 pesos. Es decir, típicamente, el ingreso de los ocupantes de los automóviles triplicaba con creces el de los pasajeros de buses. Datos referentes a São Paulo para 1977, afirman que, en principio, la situación allí no era demasiado diferente a la de Santiago (véase el cuadro II.4), y si existiesen mediciones en otras ciudades de la región, probablemente la conclusión sería similar.

Cuadro II.4  
**SÃO PAULO: INGRESOS RELATIVOS DE LOS USUARIOS DE  
 DIFERENTES MEDIOS DE TRANSPORTE, 1977**  
*(Automóvil = 100)*

Medio de transporte	Ingreso relativo de viajeros
Sólo bus	55
Sólo automóvil	100
Sólo taxi	91
Sólo metro	89
Sólo tren suburbano	39
Combinación bus+bus	50
Combinación bus+metro	62.5
Combinación bus+tren	50

**Fuente:** Sobre la base de estimaciones de la Empresa Metropolitana de Transporte Urbano de São Paulo, para ese año.

#### **b) La congestión alza las tarifas de los buses**

Otro factor, que posiblemente muchos pasajeros consideren más importante que el mayor tiempo de viaje, es la tarifa de los buses. La congestión demora no solamente a los ocupantes de los buses, sino también a los propios buses, por lo que para proveer la misma capacidad de transporte se requieren más unidades con sus respectivos conductores, trayendo como consecuencia tarifas más elevadas.

Este fenómeno fue analizado en 1982, estimándose que un incremento en la velocidad de circulación de la locomoción colectiva de Santiago de 15 a 17.5 km/h en las horas punta permitiría reducir las tarifas en hasta 5% (Thomson, 1982). Un estudio más reciente sobre las mayores ciudades del Brasil estimó que la congestión aumenta los costos operacionales del transporte autobusero en hasta 16% (véase el cuadro II.5). Nótese que los valores porcentuales son muy reducidos en los casos de Brasilia, donde la oferta de espacio vial es excepcionalmente generosa, y la de Curitiba, donde los buses que operan los recorridos radiales circulan sobre vías exclusivas.

En las condiciones del año 2000, después de casi 20 años de alzas reales en los precios de las unidades y los ingresos de los choferes, seguramente sería factible una reducción de 10%.

Cuadro II.5  
**CIUDADES BRASILEÑAS: AUMENTOS DE COSTOS OPERACIONALES DEL  
TRANSPORTE COLECTIVO CAUSADOS POR LA CONGESTIÓN VEHICULAR**  
*(En porcentajes)*

Ciudad	Aumento en costo operacional de los buses por la congestión
Belo Horizonte	6.2
Brasília	0.9
Campiñas	6.4
Curitiba	1.6
João Pessoa	3.7
Juiz de Fora	2.1
Recife	3.5
Rio de Janeiro	9.6
São Paulo	15.8

**Fuente:** Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), “Estudio de deseconomías del transporte urbano en Brasil: los impactos de la congestión”, *Boletín de los transportes públicos de América Latina*, año 5, Nº 30, São Paulo, 1999.

## E. CÓMO ENFRENTAR LA SITUACIÓN

La congestión de tránsito, especialmente en las grandes ciudades, es una realidad cada vez más difundida en todo el mundo. Los enormes y crecientes costos de tiempo y operación vehicular que ella implica plantean el desafío de generar formas y actitudes para enfrentarla.

### 1. No hace mal un poco de congestión

En las áreas urbanas, especialmente en los períodos de mayor demanda, la congestión es inevitable y, dentro de ciertos límites, deseable, en el sentido que los costos que impone pueden ser inferiores a los necesarios para eliminarla. Intentar suprimir la congestión implica, entre otros, los costos siguientes:

¿Hay que eliminar del todo la congestión?

- los relacionados con la inversión necesaria para ampliar la capacidad vial, que pueden ser superiores a los causados por niveles moderados de congestión
- los producidos como consecuencia del desvío de usuarios a otras vías, modos u horarios de viaje
- los asociados a una eventual supresión de viajes, debido a la implantación de medidas restrictivas para los automovilistas

Por otra parte, subutilizar el espacio vial ya disponible también representa la pérdida de beneficios para la sociedad. Asimismo, no puede perderse de vista que la congestión es producto de la actividad humana, que se realiza porque, a pesar de la congestión, representa ventajas para los que se desplazan (Taylor, 2002); ciertamente, una ciudad con un bajo nivel de actividad no tiene congestión alguna.

En consecuencia, no se trata de eliminar del todo la congestión, puesto que ello es imposible o de costo muy elevado, y ni siquiera deseable. Sí hay que mantenerla bajo control, pues su exacerbación tiene un impacto negativo en la sostenibilidad de las ciudades grandes.

## 2. Una visión renovada de las autoridades

El deterioro de las condiciones de circulación ha sido significativamente más grave de lo que podría y debería ser, en parte, por un manejo inapropiado de las autoridades competentes. Es obvio que la expansión de las flotas de vehículos particulares ha superado claramente la capacidad institucional para lidiar con esa situación.

¿Cómo deben enfrentar las autoridades el problema?

Hasta aquí, la reacción de las autoridades ha sido parcializada, debido a que, en toda la región latinoamericana, la responsabilidad de la planificación y administración del transporte urbano está fragmentada en una multiplicidad de entes entre los cuales se cuentan distintos ministerios nacionales, gobiernos regionales, municipalidades, empresas de trenes suburbanos o de metro, la policía de tránsito, y otros. Cada uno hace lo que considera más indicado, sin tomar mucho en cuenta las repercusiones sobre los intereses de las demás instituciones.

Una municipalidad, por ejemplo, temiendo el desvío de actividad económica a otra parte de la ciudad, puede autorizar la construcción de edificios para estacionamientos, o permitir el estacionamiento en las calles, sin preocuparse del impacto de la congestión generada sobre los usuarios que cruzan la mencionada zona.

Otra situación que refleja consecuencias de decisiones separadas, que no prevén repercusiones más amplias, puede producirse en el entorno de una vía de transporte masivo, como el metro. Debido a la mayor accesibilidad creada se densifica el uso del suelo, construyéndose edificios de oficinas; las reglas municipales suelen exigir una cantidad mínima de estacionamientos propios a estas edificaciones, con lo que se estimula la llegada del personal en automóvil. Es decir, estas medidas sobre estacionamientos propician el aumento de la congestión.

Además, en un área tan sensible como el transporte urbano, se ejercen fuertes presiones por parte de grupos organizados –por ejemplo, los transportistas– y también de políticos que plantean sus puntos de vista y, en

ocasiones, salen en defensa de determinados intereses. Todo esto es fuente de distorsiones y hace aún más compleja la situación.

Es necesario, por tanto, que las instituciones amplíen la capacidad y calidad de respuesta y, mejor aún, de previsión. También debe desarrollarse la capacidad de lidiar con las presiones que de tantas partes se reciben.

Se necesita entonces una creciente competencia profesional y de especialistas en el manejo del tránsito, tanto en las entidades encargadas como en las universidades y empresas nacionales de consultoría. Asimismo, el tránsito debería manejarse en forma global y no separadamente a nivel de cada institución.

### **3. Se requiere una aproximación integral**

La congestión es un problema demasiado serio y contundente como para suponer que se puede

¿Existe un enfoque que dé esperanzas de que algo puede lograrse?

mitigar con medidas unilaterales, erráticas o voluntaristas. Por el contrario, para mantenerla bajo control y asegurar un mínimo de sostenibilidad de los niveles de vida urbanos, urge un esfuerzo multidisciplinario que incluya el mejoramiento de los hábitos de conducción, la provisión de mejor infraestructura y medidas de gestión de tránsito (manejo de la oferta), así como de racionalización del uso de las vías públicas (manejo de la demanda).

En otras palabras, es necesario abordar el problema de manera integral y poner en práctica un conjunto de medidas factibles que signifiquen mejorar la productividad del sistema de transporte urbano, sin perder de vista que la aplicación de una medida puede repercutir en otros aspectos de la circulación vehicular, lo que debe anticiparse para prevenir efectos negativos.



## Capítulo III

### CONTROL DE LA CONGESTIÓN MEDIANTE ACCIONES SOBRE LA OFERTA

#### A. LA OFERTA DE TRANSPORTE Y LA CIUDAD

##### 1. ¿Qué es la oferta de transporte?

La oferta de transporte consiste en un conjunto de medios que permiten realizar transporte y que pueden clasificarse del siguiente modo:

¿Qué comprende la oferta de transporte?

- la infraestructura: las vías destinadas a la circulación
- los medios de transporte: los vehículos, y
- la forma en que ambos son gestionados

La oferta de transporte urbana suele calificarse por su capacidad, entendida ésta como la cantidad de personas que pueden trasladarse en un determinado período de tiempo. Desde un punto de vista exclusivo de la infraestructura, la capacidad suele medirse como la cantidad de vehículos que puede circular por un sitio determinado en un cierto período de tiempo; este parámetro tiene significación cuando se trata de analizar la congestión; sin embargo, no debe perderse de vista que lo que realmente interesa en una ciudad es permitir el traslado adecuado de las personas que lo requieran.

##### a) La infraestructura vial

Las formas más simples de infraestructura vial son los nodos y los arcos. Los nodos o intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías, por lo que el espacio vial es compartido por ellas; en las intersecciones los vehículos pueden cambiarse a una ruta diferente. Por su parte, los arcos son tramos de vías entre intersecciones y, en general, presentan cierta

uniformidad en su ancho; no es posible cambiar de ruta para los vehículos que operan en él, pudiendo sólo salir o incorporarse a la vía hacia o desde los predios vecinos.

Una sucesión de arcos e intersecciones configura lo que se denomina eje vial o simplemente, vía o calle. Las vías se entrecruzan formando una auténtica malla. Por ello, lo que sucede en una calle puede repercutir en otras, especialmente en situaciones de congestión. De ahí que en el lenguaje técnico suele hablarse de “redes viales”, como el conjunto de arcos y nodos conexos que constituyen un sistema. La operación del tránsito lo pone de manifiesto, surgiendo un conjunto de impactos encadenados y difundidos territorialmente. Una red vial debe ser tratada como tal, lo que muchas veces obliga a ampliar las áreas de análisis para un adecuado planteamiento de medidas de mejoramiento de la operación del transporte.

#### **b) Los medios de transporte**

Una extensa variedad de vehículos utiliza las calles y avenidas de la ciudad, desde automóviles hasta buses de gran tamaño, pasando por vehículos colectivos, de servicio y de carga de los más variados portes. Esta amplia gama de móviles presta el servicio de transporte de personas y cosas, aunque sus modalidades y calidad de servicio son diferentes. A ellos se suman modos que operan fuera de las vías públicas, como los sistemas de metro. Un asunto importante en relación con la congestión es el uso que cada tipo de vehículo hace del espacio disponible para la circulación, debiendo constatarse que los que llevan más pasajeros son los más eficientes en este sentido, aunque no por ello tengan la primacía en otros aspectos como velocidad de desplazamiento o comodidad.

#### **c) La gestión del sistema de transporte**

La red vial y los vehículos deben considerarse en conjunto, ya que con la misma infraestructura y los mismos tipos de vehículos pueden lograrse capacidades de transporte muy distintas. En otras palabras, la gestión del sistema puede hacer una gran diferencia. No es lo mismo que las calles tengan uno o dos sentidos de tránsito, que en todas la intersecciones se pueda virar en cualquier dirección, que los semáforos estén bien sincronizados o no, ni que la ocupación media de los vehículos sea mayor o menor o que los buses tengan o no ciertas preferencias de circulación. En realidad, es la interacción entre la infraestructura, los vehículos y la gestión de transporte la que contribuye a configurar la capacidad u oferta de transporte.

## **2. Suele requerirse ampliar la oferta de transporte**

A partir de una determinada situación, la elevada concentración de actividades en zonas urbanas y el uso intenso del espacio público, en especial por los vehículos de transporte, producen desajustes entre los volúmenes de éstos y la capacidad de las vías, que se traducen en congestión vehicular, deterioro de los servicios para los viajeros y, además, una menor calidad de vida para los ciudadanos en general.

A medida que aparece la congestión, una opción para combatirla es aumentar la oferta de transporte. Las acciones sobre las vías y los vehículos, y la forma de operarlos, son medidas en el ámbito de la oferta. Mejorar cualquier componente de la oferta permite obtener beneficios por menor congestión.

En primera instancia, suele considerarse la ampliación de capacidad de la red vial como forma de desahogo de la acumulación de vehículos. Tradicionalmente, en torno de la infraestructura se han concentrado los mayores esfuerzos técnicos para atenuar o eliminar la congestión y muchas de las medidas que se plantean tienen como objetivo mejorar las intersecciones o las vías. Grandes y costosas obras, como el ensanche o construcción de vías de características generosas o la erección de pasos a desnivel, cuentan con favoritismo a la hora de buscar soluciones, aunque muchas veces no representan un aporte duradero. En todo caso, no deberían menospreciarse múltiples pequeñas intervenciones, porque encierran en sí un gran potencial de beneficios que se obtendrían mediante diseños adecuados, como la rectificación de cruces o el mejoramiento de la señalización.

También es posible actuar sobre el tamaño de los vehículos o la forma en que se aprovecha su capacidad, con miras a un uso más eficiente del espacio vial, de donde surgen iniciativas como buses de gran capacidad en avenidas de mucha afluencia de pasajeros, taxis colectivos, autos compartidos y otras.

El tercer componente de la oferta es el de la gestión, que brinda un sinnúmero de opciones cada vez más amplias, debido al desarrollo de modernas tecnologías. Excelentes aportes para enfrentar la congestión se derivan, por ejemplo, del ajuste conjunto de los ciclos de los semáforos, de esquemas de prioridad para buses, de un manejo flexible de los sentidos de circulación, y de sistemas eficientes de información a los usuarios.

No es difícil comprender que los tres componentes de la oferta están estrechamente ligados entre sí. Las medidas sobre ellos pueden y deben complementarse para proveer mayores capacidades y atenuar la congestión en el corto plazo, siendo clave la elección de paquetes adecuados.

### 3. La ciudad para habitarla y para moverse

Las medidas sobre la oferta están destinadas a mejorar la movilidad y las posibilidades de desplazamiento en la ciudad. Sin embargo, por importante que ellas sean, hay otros valores urbanos esenciales que salvaguardar, como son la habitabilidad y calidad de vida. De ahí la importancia de considerar en todos los casos el impacto urbano asociado a cada medida, pues los cambios en la forma y uso de la vialidad se extienden a áreas colindantes en una magnitud que depende de la relevancia de las intervenciones y los usos de suelo involucrados.

Uno de los aspectos más afectados por un manejo inadecuado de la oferta, en respuesta a la congestión, es la pérdida de espacio y protagonismo de los peatones y la segregación de áreas y barrios. Las incursiones en el diseño físico de la vialidad han reducido veredas y áreas verdes, limitando las posibilidades de caminar y recrearse de residentes, niños y adultos. En otras ocasiones han creado barreras virtualmente infranqueables al acceso local, lo que se traduce en definitiva en menor calidad de vida.

No es fácil compatibilizar movilidad y habitabilidad. Una forma de abordarlo es la especialización de las funciones de las vías; por una parte, favorecer los desplazamientos en aquellas vías asociadas básicamente a la movilidad y, por otra, recuperar el carácter vecinal de las que proveen acceso a los lugares donde se generan o concluyen los viajes.

Todas las vías urbanas existentes podrían situarse en algún punto del espectro sugerido. Algunas rutas se pueden destinar a unir puntos de origen y destino

La ciudad requiere vías amplias y rápidas, que provean movilidad, y vías quietas para acceder a los destinos, respetando la actividad residencial

distantes, con escasos o nulos accesos intermedios a predios ubicados en sus márgenes, aunque siempre proveyendo soluciones para la interconectividad entre las zonas adyacentes; este tipo de vías no parecen apropiadas para las zonas céntricas, pues inhiben a los peatones y pueden contaminar acústicamente el entorno. Otras vías deben privilegiar el acceso a la propiedad local, al punto de hacerlas complicadas para el paso de un punto a otro de la ciudad. Por último, en otro grupo de calles y avenidas sólo habría preeminencia, pero no exclusividad, de las funciones de movilidad o acceso.

La clasificación de las vías y la definición de los correspondientes criterios de diseño y operación de ellas permiten establecer un orden que procure equilibrar esas dos funciones primordiales de la vida urbana: la habitabilidad y la movilidad.

## **B. ACCIONES SOBRE LAS INTERSECCIONES**

Las intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías. Normalmente, son las intersecciones las que definen la capacidad de las vías, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos conflictivos, lo que significa una disponibilidad menor de tiempo que en los tramos rectos o arcos. De ahí que las intersecciones se congestionen primero y, en definitiva, pasen a ser cuellos de botella o restricciones operacionales para el conjunto. Por ello, las intervenciones sobre las intersecciones tienen un gran potencial de beneficios para la fluidez del tránsito.

### **1. Tipos de intersecciones**

Hay numerosas formas de intersecciones, las más frecuentes de las cuales se muestran a continuación (MIDEPLAN, 1998a):

#### **a) Intersecciones en «T» o «Y»**

Conformadas por tres ramas; en el gráfico III.1 y el gráfico III.2 se muestran algunos ejemplos de este tipo de intersección, todas ellas con islas y canalizaciones.

#### **b) Intersecciones en cruz o «cruces»**

Conformadas por cuatro ramas que semejan una cruz. En el gráfico III.3 se muestran casos típicos de esta clase de intersección.

#### **c) Intersecciones múltiples**

Compuestas por más de cuatro ramas, constituyen el caso más difícil de tratar; por lo general, es preferible suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible.

#### **d) Rotondas**

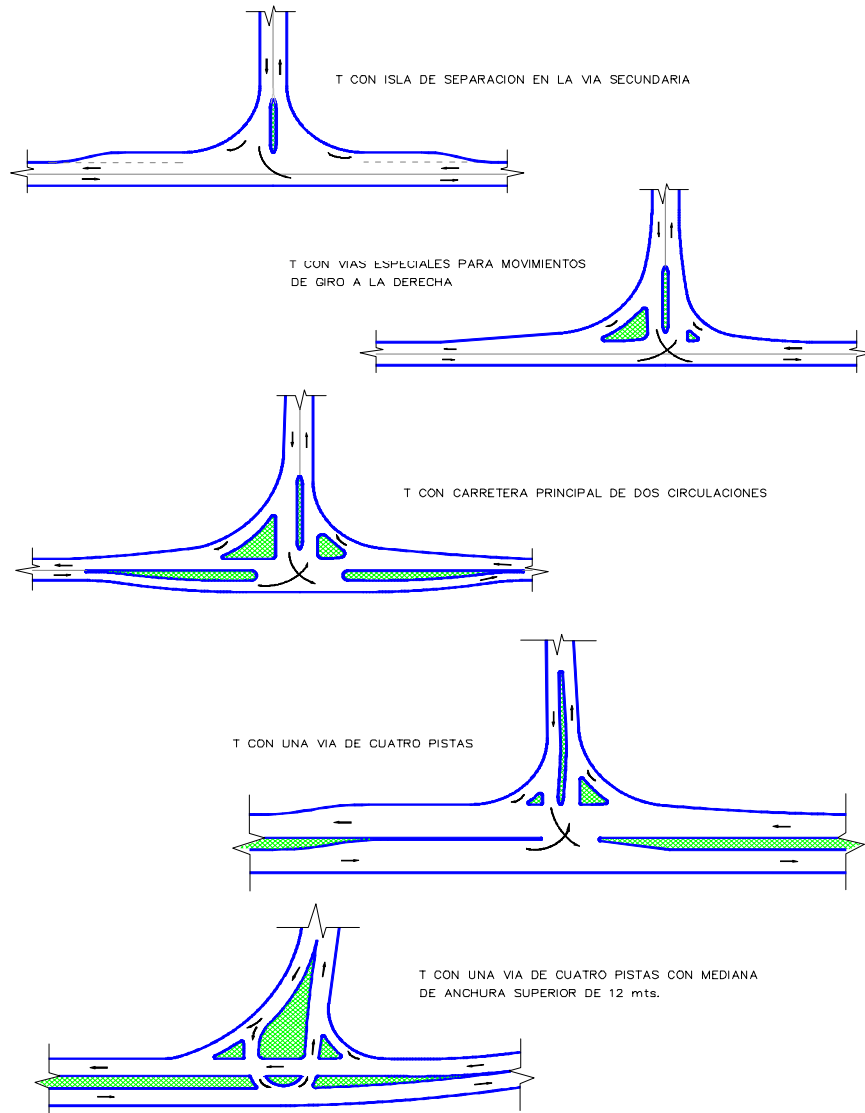
Este tipo de solución consiste en empalmar las ramas sobre un anillo circular, elíptico o similar, por el que los vehículos giran hasta llegar a la rama de salida; para esto, pueden tener que trenzarse en uno o más puntos con los flujos provenientes de otros ingresos y destinados a otras salidas (gráfico III.4). No deben emplearse semáforos y la preferencia corresponde al que viene por el anillo (por la izquierda de quien ingresa) (MIDEPLAN, 1998a).

Un caso particular de este tipo de solución es la minirotonda, caracterizada por una reducción considerable del tamaño de la isla central, cuyo diámetro puede llegar a ser menor que cinco metros. El gráfico III.4 muestra una experiencia británica, donde una minirotonda aumenta considerablemente su capacidad al reducirse su isla y demarcarse sus accesos.

La rotonda es una solución de compromiso que puede ofrecer algunas ventajas si se dan simultáneamente parte importante de las siguientes condiciones (MIDEPLAN, 1998a):

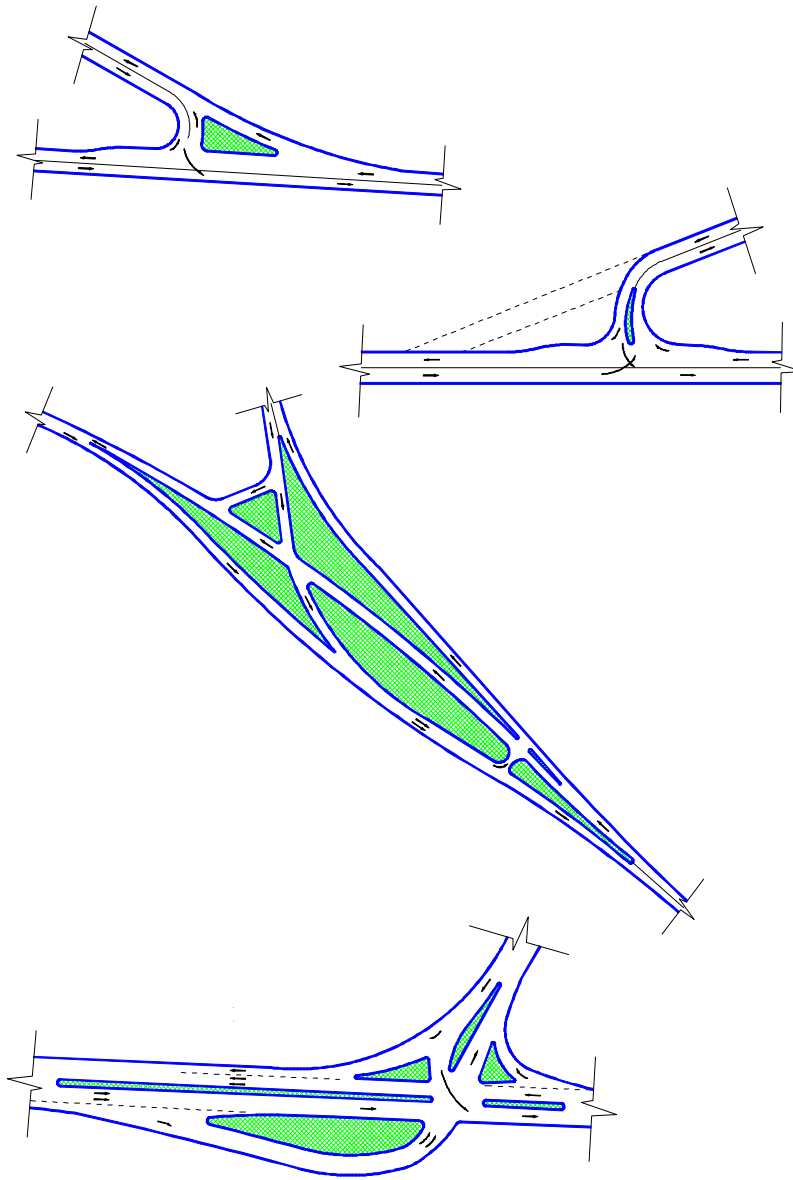
- intersecciones de cinco o más ramales y con volúmenes aproximadamente iguales en todos ellos;
- giros relativamente importantes, que llegan a superar los movimientos que continúan recto;
- áreas disponibles extensas, horizontales y baratas;
- poco movimiento de peatones, y
- distancia suficiente entre cada par de ramales consecutivos, para permitir el trenzado de flujos. La capacidad de la rotonda queda determinada por el más crítico de sus segmentos.

Gráfico III.1  
INTERSECCIONES EN «T»



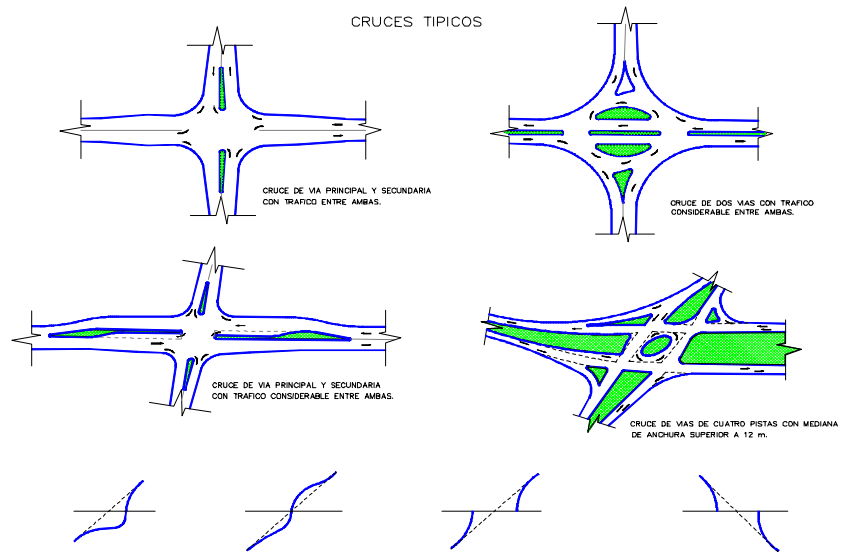
**Fuente:** Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile, 1998.

Gráfico III.2  
INTERSECCIONES EN «Y»



**Fuente:** Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile, 1998.

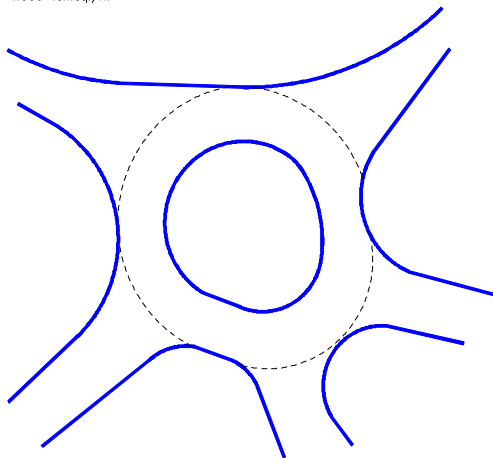
Gráfico III.3  
INTERSECCIONES EN CRUZ



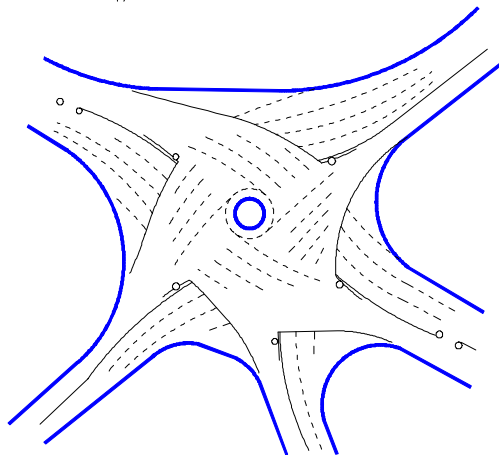
**Fuente:** Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile, 1998.

Gráfico III.4  
**ROTONDAS Y MINI ROTONDAS**

ANTES: CAPACIDAD 4.300 veh.eq./h.



DESPUES: CAPACIDAD 5.300 veh.eq./h.



FLUJO DE SATURACION  $\equiv$  FLUJO TOTAL CUANDO HAY COLAS EN TODAS LAS RAMAS.  
(EXPERIMENTO "CARDIFF ROUNDABOUT". MAYO - JUNIO 1969. ROAD RESEARCH LABORATORY, LONDON.)

**Fuente:** Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile, 1998.

## 2. Diseño de intersecciones

Por tratarse de sitios de potencial congestionamiento, las intersecciones deben ser cuidadosamente diseñadas. En general, en áreas urbanas el criterio dominante para tratar las intersecciones será aumentar su capacidad, ya que es normal que éstas alcancen el nivel de saturación en algunos períodos de operación. Este esfuerzo demanda involucrar aspectos físicos y operacionales, que deben ser abordados de manera simultánea.

### a) Principios básicos de diseño

Al efectuar cualquier diseño, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios fundamentales (MIDEPLAN, 1998a):

- Preferencia de los movimientos principales

Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, permitiendo la continuidad operacional de la vía de mayor jerarquía. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, generar restricciones de ancho, introducir curvas de radio pequeño e incluso eliminar totalmente movimientos muy poco importantes.

- Reducción de áreas de conflicto

Es usual que las grandes superficies pavimentadas operen como «tierra de nadie» y que los movimientos de peatones y vehículos sean por ello, desordenados. Esto genera confusión en los conductores, lo que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

- Perpendicularidad de las trayectorias que convergen en la intersección

Es deseable que las intersecciones ocurran en ángulo recto, ya que en ese caso las áreas de conflicto son mínimas. Además, disminuyen la gravedad de los posibles accidentes y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores visualizar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás. Este principio es de menor interés en las intersecciones con semáforos.

- Separación de puntos de conflicto

Mediante una canalización adecuada de los movimientos deben separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan fijarse simultáneamente en varios vehículos. En las intersecciones reguladas por semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

- Separación de movimientos

Cuando el flujo de un determinado movimiento es importante y siempre que sea posible, se le deberá dotar de una vía propia de sentido único, completándola con una vía de aceleración o desaceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto, son además imprescindibles en muchos casos para la colocación de señales.

- Control de velocidad

También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tránsito que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o estrechamientos que, además de reducir la velocidad, evitan adelantamientos en áreas de conflicto.

- Control de los puntos de giro

La canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles. Las islas son superficies en el interior de la intersección, que se sustraen de la circulación vehicular mediante demarcación u obstáculos físicos. La seguridad es mayor empleando islas elevadas, en comparación a la canalización materializada mediante marcas pintadas en el pavimento, siempre que los elementos elevados no reduzcan la capacidad o sean obstáculos peligrosos.

- Creación de zonas protegidas

Las islas proporcionan a los peatones y los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo, pueden servir para que cuando un peatón o vehículo necesite cruzar varios carriles, puedan hacerlo en etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todos ellos la necesaria interrupción de tránsito. Ejemplo típico son las vías de giro a la izquierda situadas en las medianas.

- Visibilidad

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención. Debe asegurarse que un vehículo en la vía subordinada alcance a frenar antes de llegar al punto conflictivo, si otro vehículo aparece por la vía con preferencia. El siguiente acápite número 3 se refiere más en detalle a estos aspectos.

- Sencillez y claridad

Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

En las soluciones de intersecciones contenidas en los gráficos III.1 a III.4 es posible observar la aplicación de los principios aquí expuestos.

Importantes principios de diseño son la canalización de movimientos, visibilidad, enfrentamiento perpendicular de movimientos conflictivos y creación de zonas de seguridad para peatones y vehículos

#### **b) Información requerida**

La información que se requiere para el diseño de intersecciones se refiere en general a MIDEPLAN (1998a):

- Tipo de vías que confluyen en la intersección, ya que el tratamiento debe ser adecuado a sus características funcionales: clasificación, velocidad de diseño y preferencia de paso.
- Topografía y edificaciones: deben examinarse las restricciones existentes para la ampliación de la superficie. Es fundamental considerar los servicios (tuberías) del subsuelo.
- Tránsito: se deben conocer los volúmenes de cada movimiento a lo largo del día, para los efectos de determinar la capacidad del segmento vial correspondiente. Asimismo, debe conocerse el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección. El análisis de los peatones que cruzan la intersección puede determinar alguna disposición especial para facilitarlos.
- El número de accidentes puede justificar el acondicionamiento específico. Es importante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

#### **c) Materialización del diseño**

En las últimas décadas se han desarrollado diversos modelos computacionales que permiten asistir la labor de diseño y a su vez plantean requerimientos de información específica que deben ser agregados a los ya planteados. De esta forma, el diseño de intersecciones puede concebirse como un proceso iterativo donde los cambios físicos y operacionales pueden ser modelados a bajo costo y probados en cuanto a su rendimiento, permitiendo explorar una amplia gama de opciones y concluir en soluciones de alta calidad. La simulación de los resultados operacionales de cada opción facilita además la evaluación económica de las alternativas más relevantes y con ello la determinación de la solución que presenta mejores atributos económicos.

A fin de mejorar la capacidad, es recomendable que el tamaño de las islas se reduzca al mínimo indispensable para la protección de los vehículos que realizan determinados movimientos; también debe tratarse de que el número de pistas aumente al llegar a la intersección, con el fin de mejorar en dicho lugar la tasa de descarga o evacuación de vehículos.

En las ciudades hay que tener presente además, como elemento importante, la localización de las paradas de buses, que no pueden alejarse mucho de las intersecciones importantes, ya que éstas son precisamente puntos clave para la transferencia de viajeros, pero tampoco pueden acercarse a ellas al punto de afectar su operación.

### **3. Sistemas de control de intersecciones**

Tal como se mencionó, las intersecciones suelen constituir la restricción operacional de una vía. Por lo tanto, los sistemas de control que se establezcan para regular los derechos de vía sobre ellas deben responder a criterios de óptimo local y también general, para el conjunto del eje o la red involucrados.

Básicamente, las intersecciones pueden operar con señales de prioridad: intersección priorizada, o con semáforos: intersección semaforizada. En el primer caso se distinguen aquellas regidas por la señal “CEDA el PASO” y aquellas que operan con la señal “PARE”.

#### **a) Intersecciones priorizadas**

Estas intersecciones regulan el derecho de paso mediante la señal “CEDA el PASO” o la señal “PARE”.

La señal “CEDA el PASO” indica a los conductores que la enfrentan que la prioridad corresponde a los vehículos de la otra vía; no tienen necesidad de detenerse si en el flujo vehicular por la vía principal existe un espacio suficiente para cruzarla o incorporarse a éste con seguridad. Esta señal debe instalarse en todos los casos en que la visibilidad no esté restringida, según el criterio que se presenta más adelante.

La señal “PARE” tiene por propósito ordenar a los conductores que detengan completamente su vehículo y reanuden la marcha sólo cuando puedan hacerlo en condiciones que eviten accidentes. Debe ser colocada sobre la línea en que los vehículos deben detenerse, de manera tal que el conductor disponga de buena visibilidad sobre la vía prioritaria para poder reanudar la marcha con seguridad.

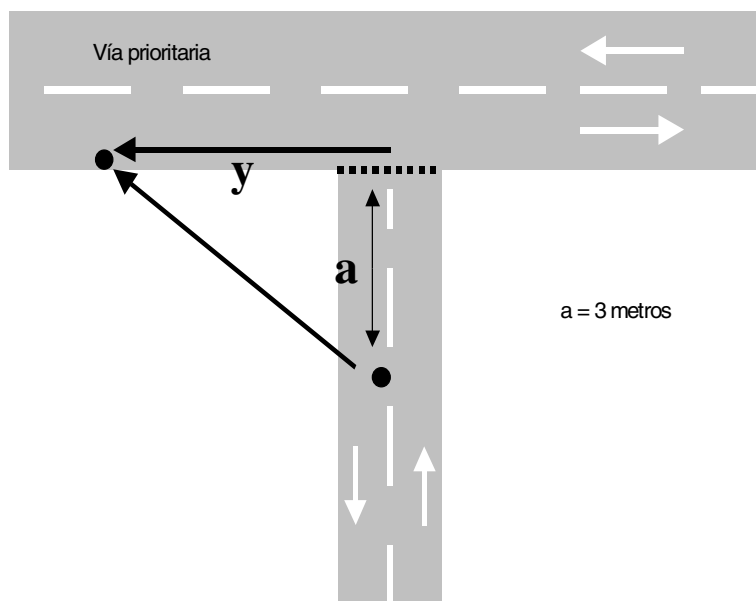
Los criterios para determinar el empleo de una señal son:

- Debe emplearse una señal de prioridad cuando el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas las ramas, supere en algún período del día los 100 vehículos por hora.
- El tipo de señal de prioridad depende de las condiciones de visibilidad. Se emplea “CEDA el PASO” si el conductor del vehículo que transita por la calle subordinada puede ver cualquier vehículo que circule por la otra vía, disponiendo del tiempo y la distancia necesarios para permitirle el paso sin entrar al cruce. En caso contrario, debe emplearse señal “PARE” o “ALTO”.

- En general, la señal “PARE” debe usarse en pocas ocasiones, ya que su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce, puede deteriorarla.

El procedimiento a usar es el siguiente (véase el gráfico III.5):

Gráfico III.5  
PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR USO  
DE SEÑAL “PARE” O “CEDA EL PASO”



**Fuente:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), *Manual de Ingeniería de Tránsito*, Santiago de Chile, 1985.

- A partir de la continuación del borde de la calzada de la vía prioritaria, se traza una línea imaginaria «a», de 3 metros de largo, localizada a lo largo de la línea central de la vía subordinada.
- A partir del eje central de la vía subordinada y en dirección contraria al tránsito, se traza sobre el borde de la calzada de la vía prioritaria otra línea imaginaria «y», cuya longitud está dada en el Cuadro III.1, en función de la velocidad máxima de esta vía.

- Se instala la señal “CEDA el PASO” cuando desde cualquier punto de la línea «a» se tiene visibilidad no interrumpida por tramos de más de un metro sobre la línea «y». En caso contrario se debe instalar señal “PARE”.

Si la vía prioritaria tiene doble sentido de tránsito se debe realizar este procedimiento separadamente para cada sentido, correspondiendo instalar señal “PARE” si a lo menos en un sentido se justifica.

La instalación de una señal “CEDA el PASO” o “PARE” debe complementarse siempre con la respectiva demarcación de pavimento correspondiente.

La instalación de una señal “PARE” (ALTO) o “CEDA el PASO” se hace por criterio de visibilidad y no por la mayor importancia de una respecto de la otra

Cuadro III.1  
**CRITERIO PARA EL EMPLEO DE SEÑAL “PARE”**

Velocidad máxima en la vía prioritaria (en km/h)	Visibilidad de la vía prioritaria desde la secundaria (en metros)
Mayor que 90	Usar señal “PARE”
90	< 180
80	< 140
70	< 120
60	< 90
50	< 70

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), *Manual de Ingeniería de Tránsito*, Santiago de Chile, 1985.

## b) Intersecciones semaforizadas

Los semáforos son una forma más sofisticada de controlar una intersección. Permiten separar los períodos de tiempo en que se puede avanzar por cada calle que llega a una intersección. La distribución de tiempos se denomina reparto, en tanto que ciclo es el tiempo transcurrido desde el inicio de una determinada fase hasta que ella vuelve a activarse.

En general, el semáforo tiende a ser considerado como una medida positiva, que produce beneficios y mejora la seguridad en cualquier situación. No obstante, esta creencia no siempre se ve corroborada. Para que la instalación de un semáforo produzca beneficios reales a la población tiene que darse un conjunto de condiciones que permitan que los beneficios efectivamente sean mayores que los costos. Por ejemplo, dada la variabilidad de la demanda, es posible que un semáforo tenga plena justificación en ciertos períodos del día o ciertas estaciones del año y en el resto constituya un costo para la comunidad.

El estudio de los costos y beneficios es un trabajo técnico complejo que puede facilitarse mediante el apoyo de modelos computacionales. No obstante, con miras a simplificar el análisis, diversos países han adoptado requisitos o

estándares mínimos para justificar la instalación de semáforos, cuyo cumplimiento garantiza en general lo correcto de la decisión. Estos requisitos consideran, entre otros aspectos, volumen vehicular, volumen peatonal, accidentes (MINTRATEL, 1985).

- Justificación por volumen vehicular

En el cuadro III.2 se observan los volúmenes vehiculares mínimos que deben cumplirse para la instalación de semáforos:

Cuadro III.2  
**JUSTIFICACIÓN DE SEMÁFORO POR VOLUMEN VEHICULAR**

Número de pistas (carriles) por cada rama de ingreso		Volumen mínimo (vehículos/hora)	
Arteria principal	Arteria secundaria	Arteria principal ambas calzadas	Arteria secundaria calzada de mayor ingreso
1	1	500	150
2 ó más	1	600	150
2 ó más	2 ó más	600	200
1	2 ó más	600	200

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), *Manual de Ingeniería de Tránsito*, Santiago de Chile, 1985.

Los valores del cuadro III.2 deben cumplirse para las 8 horas de mayor demanda de un día promedio.

- Justificación por demoras en el acceso secundario

Este requisito se aplica cuando los vehículos del acceso secundario sufren demoras excesivas y se rige por el cuadro III.3:

Cuadro III.3  
**JUSTIFICACIÓN DE SEMÁFORO POR DEMORAS EN ACCESO SECUNDARIO**

Número de pistas (carriles) por cada rama de ingreso		Volumen vehicular (vehículos/hora)	
Arteria principal	Arteria secundaria	Arteria principal total ambas calzadas	Arteria secundaria en calzada de mayor volumen
1	1	750	75
2 ó más	1	900	75
2 ó más	2 ó más	900	100
1	2 ó más	750	100

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), *Manual de Ingeniería de Tránsito*, Santiago de Chile, 1985.

Los valores del cuadro III.3 deben cumplirse para las 8 horas de mayor demanda de un día promedio.

Como puede observarse, esta condición no apunta a minimizar las demoras totales, sino a reducir demoras inusualmente largas para los vehículos de la vía secundaria.

- Justificación por movimiento progresivo

Ocasionalmente es conveniente instalar un semáforo para mantener el movimiento progresivo de los vehículos a lo largo de una vía. En la práctica, la incorporación del semáforo permite que la formación de los vehículos se mantenga compacta, asegurando así que una buena parte del flujo se vea favorecida con la medida. Este criterio, válido para la generalidad de los vehículos, debe ser revisado cuando haya presencia significativa de transporte público. En tal caso es muy difícil que los buses puedan incorporarse y mantenerse en la formación de los automóviles, ya que deben detenerse en las paradas para tomar o dejar pasajeros.

- Justificación por accidentes

Este criterio de justificación corresponde cuando exista un riesgo manifiesto de accidentes en una intersección; por ejemplo, que en los tres últimos años hayan ocurrido cinco o más accidentes anuales de cierta consideración.

La instalación de un semáforo no garantiza la reducción de accidentes. Puede incluso aumentarlos si la inconveniencia de instalarlo en alguna intersección se hace manifiesta para los conductores. En este caso es probable que dejen de respetarlo, aumentando significativamente el riesgo de accidentes.

A partir de los años ochenta surgieron diversas herramientas computacionales para asistir en el diseño de ciclos y repartos de semáforos. Entre las más reconocidas en esta materia cabe mencionar: SIGCAP, que usa programación lineal para maximizar la capacidad práctica del semáforo; SIGSET, que usa programación no lineal para minimizar demoras; SQGN, para analizar diferentes secuencias de fases y SIGGAT que permite calcular fases y ciclos en intersecciones saturadas.

En la actualidad, SIDRA es una de las herramientas más difundidas para el análisis de intersecciones aisladas, sean éstas operadas por semáforos o señales de prioridad. SIDRA utiliza detallados modelos analíticos de tránsito y un método de aproximación iterativa para estimar capacidades e indicadores estadísticos del tránsito: demoras, largo de colas, tasa de detención, y otros. Aun cuando SIDRA es un paquete para el análisis de intersecciones aisladas, es posible aplicarlo a situaciones de coordinación de semáforos, en tanto se especifiquen los datos de distribución estadística de flujos vehiculares que acceden.

## C. ACCIONES SOBRE LAS VÍAS

### 1. Ampliación de la capacidad física

Los arcos son tramos de vías entre intersecciones y normalmente no constituyen elementos generadores de conflicto relevantes.

Puede haber, sin embargo, situaciones en que un arco se constituya en cuello de botella dentro de una sucesión de arcos e intersecciones, y cuya solución más adecuada será la ampliación de su capacidad física. También puede pensarse en el aumento de capacidad para el eje vial completo, cuando se procura incrementar significativamente la oferta vial; en este caso, existe competencia con usos alternativos del espacio público e incluso del privado, si es necesario realizar expropiaciones.

Desde la perspectiva del control de la congestión, es pertinente considerar que los aumentos de capacidad física, como el último de los señalados, tienden en general a resolver sólo en el corto plazo los desequilibrios entre oferta y demanda vial, dado que la demanda constreñida por la propia congestión, relativamente pronto tiende a expresarse en toda su magnitud, atraída por una operación más fluida y expedita.

De esta forma, la congestión propende a reproducirse en niveles de mayor flujo, tendencia que, de consolidarse, termina por comprometer el espacio público en beneficio del transporte motorizado, desplazando a los peatones y otras actividades existentes en él. Este fenómeno es palpable en ciudades que han optado consciente o inconscientemente por proveer mayores capacidades en respuesta al aumento de los flujos. Otras, en cambio, quizás por el especial significado de su patrimonio arquitectónico e histórico, han explorado formas alternativas de generar capacidad, sin comprometer significativamente nuevos territorios para uso vehicular.

La tradicional ampliación de capacidad física empieza entonces a ser reemplazada por formas más eficientes de usar dicha capacidad. Naturalmente, la coordinación de semáforos aparece como la acción que permite mejorar la velocidad en las vías, reduciendo los tiempos de viaje y la congestión (véase la próxima sección D). Pero está también la posibilidad de administrar los sentidos de circulación de arcos o vías por períodos horarios, en función de los movimientos principales de viajeros y, por último, la posibilidad de asignar carriles de circulación por tipo de vehículo, proveyendo facilidades a aquellos que presentan un uso más eficiente del espacio, es decir, los vehículos de transporte público.

Esta forma de proveer mayor capacidad puede constituir también un atractivo para que nuevos vehículos se incorporen al flujo y, eventualmente, colmen en el corto plazo las nuevas facilidades. Por lo tanto, la consideración explícita de los modos favorecidos con la mejora deberá ser también parte del análisis y las proyecciones de mediano y largo plazo.

La ampliación de oferta de transporte no es sólo ampliación física de las vías y proporciona frente a ésta una gama más amplia, eficiente y sostenible de soluciones al problema de la congestión

## 2. Vías de sentido variable

Vías de sentido variable son aquellas en las que se modifica a lo largo del día su sentido de circulación en función de los volúmenes de tránsito, con el fin de favorecer el desplazamiento de los flujos mayores. Así, se puede invertir el sentido de circulación de una vía unidireccional o generar un solo sentido cuando existen dos, proveyendo temporalmente mayor capacidad para acoger los desplazamientos masivos que caracterizan la estructura de viajes y ritmo general de funcionamiento de las ciudades. Estos movimientos suelen transcurrir, por ejemplo, desde las zonas residenciales hacia las de trabajo o estudio en la hora punta de la mañana y a la inversa en la hora punta de la tarde.

Esta forma de gestión fina de la capacidad existente hace un uso más intensivo de las principales vías, al orientarlas en el sentido de los desplazamientos mayoritarios. En muchos casos, esta medida provee significativos incrementos de la oferta vial, aptos para atender las necesidades de las horas punta.

Las autoridades de transporte de Chile pusieron en marcha durante 2001 un conjunto de medidas de gestión de tránsito, entre las que destaca el sentido variable de seis ejes relevantes de la ciudad, con importantes resultados (véase el cuadro III.4).

Cuadro III.4  
**SANTIAGO DE CHILE: AHORROS DE TIEMPO EN VÍAS DE SENTIDO VARIABLE (HORA PUNTA DE LA MAÑANA)**

Vía	Longitud (km)	Tiempos de viaje antes de la medida (minutos)	Tiempos de viaje con la medida (minutos)	Ahorro (%)
Portugal	1.4	10.2	3.0	70.6
Salvador	3.1	12.2	7.3	40.2
Diagonal Oriente	5.5	17.5	11.2	36.0
Bascuñán	0.2	5.9	2.5	57.6
Mapocho	3.7	3.2	2.8	12.5
Av. El Cerro	1.8	6.2	3.9	37.0

**Fuente:** Subsecretaría de Transporte, Chile.

Las cifras señalan un ahorro promedio de 43% en los tiempos de viaje en las vías de sentido variable en la hora punta de la mañana. Diagonal Oriente y Salvador son los casos más relevantes, ya que a pesar de registrar aumentos del flujo vehicular de hasta 40% reportan ahorros significativos de tiempos de viaje.

Como puede observarse, los beneficios medidos directamente sobre las vías involucradas son cuantiosos. Sin embargo, debe tenerse presente lo siguiente:

- estos cambios, al actuar sobre vías principales de la ciudad, producen reasignaciones de flujos de quienes desean circular en sentido contrario, que se ven forzados a seguir trayectos mayores y, eventualmente, experimentar demoras adicionales para llegar a su destino de viaje, todo lo cual debe ser considerado en el diseño y evaluación de la medida, y
- los cambios de sentido según horario requieren de muy buena información y señalización para evitar confusiones y accidentes, especialmente durante el período de puesta en marcha.

## D. COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS

La coordinación de semáforos es una de las formas más eficientes de reducir demoras, consumo de combustible, contaminación y accidentes. La coordinación consiste en establecer ciclos, repartos y desfases en una vía o red, de manera tal que los vehículos puedan desplazarse a una cierta velocidad, procurando que las interrupciones generadas por luz roja sean mínimas.

La coordinación de semáforos produce importantes ahorros de tiempo, combustible y contaminación

Los parámetros más importantes que deben considerarse para la coordinación de un sistema son el ciclo, que normalmente será común para todos los semáforos coordinados, el reparto o distribución de tiempos en verde, y el desfase, que es el período que transcurre entre el comienzo de una fase específica en un semáforo y su comienzo en la intersección siguiente.

Además de estos parámetros básicos, existe un conjunto de condiciones que deben resolverse en la medida en que el eje o red a coordinar aumenta en complejidad, todo lo cual puede ser asistido por herramientas de modelación para representar y optimizar cada caso.

La unidad básica para coordinar es un eje, corredor o vía. Cuando se trata de ejes sencillos unidireccionales es posible utilizar técnicas gráficas o “banda verde”, obteniéndose programaciones normalmente fijas, calculadas sobre la base de datos históricos de flujos y velocidades. Pero en casos bidireccionales con intersecciones espaciadas irregularmente, puede ser difícil e incluso imposible determinar una “banda verde” sin interrupciones y que satisfaga la demanda. Desde luego, la coordinación de redes es simplemente imposible de plantear con dicho método.

En los últimos 30 años se ha producido un extraordinario desarrollo tecnológico, que mediante la incorporación de la computación y la electrónica al manejo de complejas situaciones de tránsito, ha permitido el control de amplias redes, con sistemas centralizados y flexibles en relación con la demanda. Programas como SIGOP, COMBINATION METHOD y

Las tecnologías actuales permiten coordinar semáforos en forma precisa y conómica

TRANSYT han cambiado completamente la forma de enfrentar el problema, proveyendo capacidades antes insospechadas para avanzar en la optimización de los sistemas de tránsito. En particular, TRANSYT ha sido ampliamente probado en muchos países, y ha llegado a constituir prácticamente un estándar internacional para la coordinación de redes.

### **1. Coordinación con planes fijos**

Esta modalidad requiere de controladores de semáforos con suficiente capacidad para recibir y administrar las instrucciones de los planes preestablecidos. Éstos se generan externamente por medio de mediciones de flujos, siendo recomendable instalar tantos planes como períodos de operación relevantes puedan detectarse. Es condición fundamental en este caso disponer en cada controlador de relojes que funcionen con la frecuencia de la red o relojes de cuarzo de gran precisión, de manera que el desfase pueda ser adecuadamente programado y mantenido en el tiempo. Alternativamente, puede considerarse la conexión vía cable entre controladores, en cuyo caso el sistema trabaja con un reloj común.

La coordinación con planes fijos se originó en una etapa en que la computación, las comunicaciones y la tecnología de detección no eran aún suficientes para proveer soluciones más ajustadas a situaciones complejas de variación de demanda e interacción de redes. Ello no significa que dicha modalidad esté necesariamente obsoleta. El análisis de cada caso dirá si es posible resolver adecuadamente una determinada necesidad de control con planes fijos, atendiendo a las condiciones de la demanda y los costos involucrados.

### **2. Coordinación flexible o dinámica**

Las soluciones de coordinación flexible en función de la demanda son útiles en áreas de tránsito intenso, habitualmente sometidas a interferencias no predecibles. Esta modalidad se basa en la detección en tiempo real de los flujos relevantes que llegan a cada intersección; estos datos son procesados “en línea” por un computador central, el que determina planes actualizados de ciclo de semáforos, que son transmitidos a los controladores de cada intersección.

El sistema es bastante sofisticado, pues además del computador central equipado con programas computacionales apropiados y de semáforos con controladores capaces de obedecer las instrucciones, requiere de comunicación directa entre la central y el controlador de cada intersección.

Entre las opciones más conocidas en esta materia está el sistema inglés SCOOT y el australiano SCAT.

### 3. Sistemas de control centralizado

Una mayor complejidad tecnológica representa un sistema de control centralizado de semáforos, que abre la posibilidad de administrar distintas modalidades, atendiendo diferenciadamente los requerimientos de control de áreas o ejes específicos. Esto quiere decir que, si es necesario, por ejemplo, establecer control dinámico en el centro de una ciudad, ello no significa que tal modalidad tenga que aplicarse obligatoriamente al conjunto de la red de semáforos de la ciudad y, desde luego, habrá que considerar que ni siquiera convendrá que algunas intersecciones estén coordinadas, ya que funcionalmente no integran red alguna.

La centralización del control provee la capacidad de administrar el conjunto del sistema de acuerdo a las necesidades de cada parte, pudiendo presentar además las siguientes facilidades:

- comunicación directa con cada controlador de semáforo con fines de control de tránsito;
- comunicación directa con cada controlador para el monitoreo de fallas;
- implantación de planes de emergencia para la circulación de vehículos especiales;
- administración de letreros de información variable para producir información y recomendaciones a los conductores sobre el estado de la ruta, y en casos especiales, generar cambios de recorridos, y
- administración de cámaras de televisión para observación directa del estado de intersecciones o ejes críticos.

Es decir, al existir comunicación entre la central y cada controlador se amplían las posibilidades de administración de tránsito a aspectos no necesariamente ligados a los programas del semáforo, lo que abre el camino a una gestión más integral de las intersecciones y redes involucradas. Un sistema de control centralizado de tránsito permite no sólo la coordinación de ejes o redes de semáforos, sino que un manejo integral de los problemas de circulación mediante cámaras de televisión, letreros de información variable a la gente, detección remota de fallas y manejo de situaciones de emergencia.

Un sistema de control centralizado de tránsito permite un manejo integral de la circulación

Los sistemas de control centralizado de tránsito constituyen, en general, proyectos altamente rentables en términos sociales, cuando son correctamente diseñados y aplicados en ciudades que presentan congestión vial. El sistema de Santiago de Chile ha sido particularmente exitoso; su desarrollo siguió un riguroso proceso de análisis y evaluación de alternativas, luego de lo cual se implantó por etapas. Actualmente está en funciones, permitiendo notables ahorros de tiempos de viaje. La mejor demostración del efectivo servicio que presta se produjo a raíz del caos y enorme congestión que se produjo en una ocasión en que fueron sustraídos los computadores que controlan el sistema.

## **E. CARRILES Y VÍAS DEDICADAS AL TRANSPORTE PÚBLICO**

Una importante medida para otorgar preferencia al transporte público es la reserva de espacio vial para su uso exclusivo. Ella debería operar en conjunto con sistemas de programación de semáforos que confirieran prioridad al flujo de los buses. Como puede verse, no necesariamente se modifican el tamaño y las características de los vehículos de transporte colectivo, pero al generarse una mejora en sus condiciones de circulación, crece de hecho su capacidad. Este incremento podría atraer viajes provenientes de modos alternativos y conducir a un equilibrio más aceptable para el interés general en cuanto al uso de las vías.

La reserva de espacio para la circulación de buses es una medida regulatoria que procura corregir, por medio de la administración de las vías, la distorsión que se genera en la percepción imperfecta de la congestión por parte de cada operador privado. Si los viajeros de automóvil percibieran el costo total de ese modo de transporte operando en condiciones de congestión y los usuarios de buses hicieran lo propio, los cambios en la partición modal harían prácticamente innecesaria el tipo de intervención aquí planteada, ya que se generaría un nuevo equilibrio con flujos menores. En ausencia de lo anterior, la autoridad interviene repartiendo las pistas de una determinada vía, tratando de garantizar un nivel de servicio adecuado a los medios de transporte público y, de paso, eliminando la fricción entre los buses y demás vehículos.

La experiencia internacional documentada reporta, en general, beneficios significativos en torno de este tipo de iniciativas, aunque las mayores o menores ventajas suelen asociarse a la calidad de los diseños involucrados. En Europa se ha acumulado una positiva experiencia. En América Latina, al comenzar a aparecer signos de congestión, algunas ciudades principales también las han implantado, con la ventaja de que un porcentaje mayoritario de los viajes aún se realizan en transporte público.

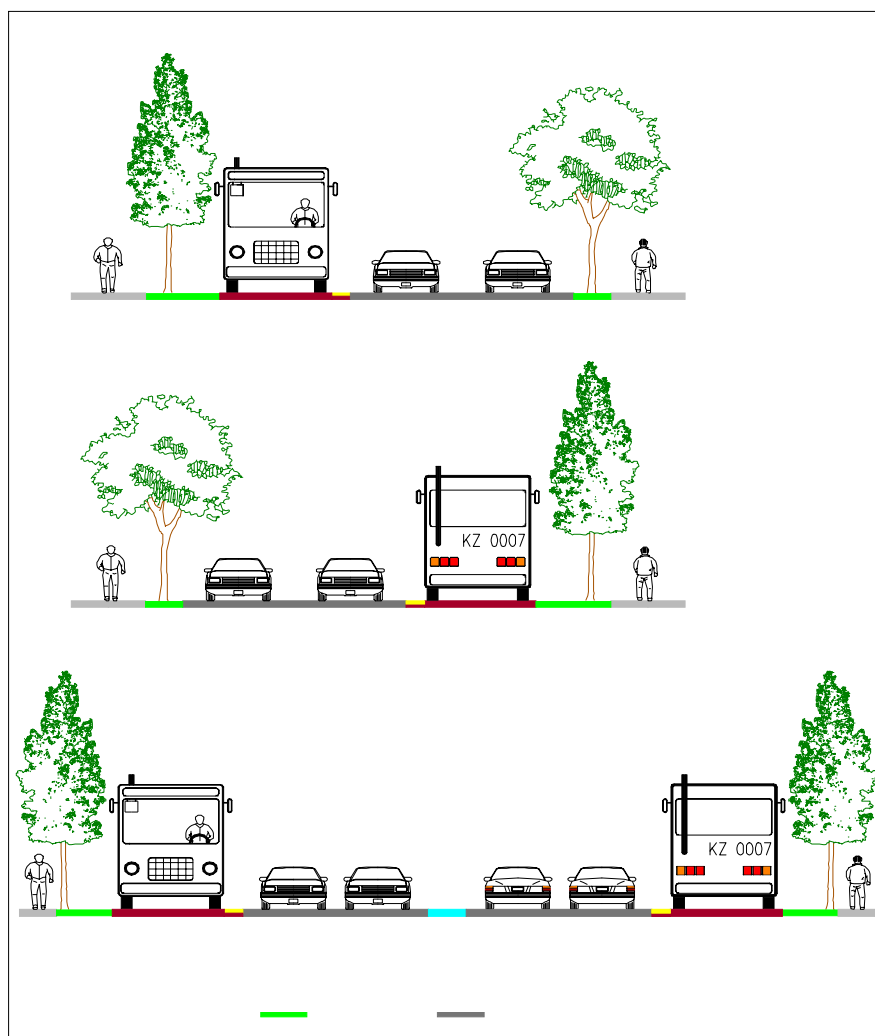
A continuación se comentan algunas modalidades para reservar espacio al transporte público.

### **1. Carriles sólo bus**

Son carriles que se dedican sólo a la circulación de buses, normalmente señalizados mediante demarcación. Se caracterizan por su bajo costo de implantación, pero su rendimiento –excepto el caso a contraflujo–, depende de la voluntad de cumplimiento de la medida por parte de los automovilistas, lo que obliga a invertir en acciones de vigilancia y sanción sostenidas por largos períodos de tiempo. No siempre es posible generar disciplina de uso de estas pistas; a veces la medida resulta invalidada por la violación sistemática de la restricción.

En el gráfico III.6 se presentan tres casos de carriles sólo para buses. En el primero se tiene una calzada unidireccional con pistas sólo bus por el lado derecho, que es la composición más común y difundida en esta materia. En el segundo se trata del mismo caso, pero con buses que circulan a contraflujo, lo que impide su invasión por parte del resto de los vehículos. El tercero corresponde a una vía bidireccional con pistas sólo bus por el exterior.

Gráfico III.6  
TRES MODALIDADES DE CARRILES SÓLO BUS



**Fuente:** Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile, 1998.

En general, las pistas sólo bus por el lado derecho tienen la ventaja de proveer buena accesibilidad al borde de calzada y son recomendables cuando existe un uso de suelo predominantemente comercial o de servicios, que genere o atraiga viajes de modo significativo. Sin embargo, esta disposición de pistas tiende a ser transgredida por la intromisión de vehículos particulares, igualmente atraídos por los usos de suelo aledaños (y segregados de éstos por la medida de prioridad) o debido a los virajes a la derecha que obligan a ingresar a ellas. Para este tipo de pista sólo bus se requiere por lo tanto de abundante y permanente fiscalización.

## **2. Carriles segregados para buses**

Los carriles segregados para buses son similares a los sólo bus, en el sentido que se destinan a la circulación de vehículos de transporte público, pero la diferencia radica en que se establece una separación física con el espacio destinado al resto de los vehículos, mediante un obstáculo que inhibe la posible invasión y posibilita un desplazamiento más ágil de los buses.

El establecimiento de carriles segregados para buses es una medida de mucho mayor alcance y costo que la de sólo bus. En algunos casos supone importantes restricciones al transporte privado y en otros, expropiaciones significativas, pero los beneficios netos que han logrado medirse en torno de ella avalan en general su aplicación e incorporación como criterio estándar de diseño de la vialidad.

Es común que los carriles segregados sean emplazados en el centro de la calzada, con el fin de mantener el acceso de los vehículos particulares a ambos lados y facilitar los virajes a la derecha. Esto puede omitirse cuando al costado de la faja existe un parque, una línea férrea u otra instalación que no requiere acceso desde la calle, o bien cuando existe una vía local que cumple precisamente la función de proveer tales accesos.

Los carriles segregados pueden ser unidireccionales o bidireccionales, uno o más para cada sentido, con o sin carril auxiliar de adelantamiento en zonas de parada. Es común que aquellos emplazados en el centro de la calzada dispongan las paradas de manera alternada para un mejor aprovechamiento de la sección transversal de la calzada. Cuando hay tramos largos sin zonas de parada, la sección sobrante permite generar una mediana, reducir la sección o bien habilitar pistas especiales para giros a la izquierda.

Sin perjuicio de los beneficios que estas medidas significan para el transporte público, a la hora del diseño es preciso tener presentes también las dificultades que conlleva la segregación en cuanto a problemas para los virajes, restricciones de accesibilidad a los terrenos colindantes y una eventual disminución de capacidad para los vehículos particulares.

Los carriles segregados para buses implantados en la Alameda Bernardo O'Higgins, en Santiago de Chile, son un caso interesante de observar (véase el

cuadro III.5). La avenida presenta dos calzadas de cinco carriles cada una, las que progresivamente, desde fines de los años setenta, se han venido asignando a los buses. Originalmente, fueron establecidos dos carriles sólo bus por calzada, separadas del resto por demarcación en el pavimento; en la actualidad, los buses disponen de tres carriles por calzada, separadas del resto del flujo por elementos físicos que inhiben severamente las transgresiones.

Cuadro III.5  
**AHORROS DE TIEMPO EN UNA VÍA SEGREGADA DE SANTIAGO DE CHILE**  
**(HORA PUNTA DE LA MAÑANA)**

Avenida B.O'Higgins (7.0 km) Sentido	Tiempos de viaje buses				Tiempos de viaje autos			
	Antes de la medida (minutos)	Con la medida (minutos)	Ahorro (minutos)	Ahorro (porcentajes)	Antes de la medida (minutos)	Con la medida (minutos)	Ahorro (minutos)	Ahorro (porcentajes)
O-P	28.0	17.4	10.6	37.9	17.5	12.1	5.4	30.9
P-O	33.0	21.6	11.4	34.5	21.0	23.5	(2.5)	(11.9)

**Fuente:** Subsecretaría de Transportes, Chile.

O: oriente

P: poniente

Como puede observarse, los tiempos de viaje disminuyeron, en el caso de los buses, en promedio alrededor de 36%, en tanto que los autos experimentan ahorros o demoras, según sea el sentido de circulación. En el sentido oriente-poniente, los tiempos de viaje de los autos disminuyen en 5.5 minutos, mientras que de poniente a oriente aumentan en promedio en 2.5 minutos.

### 3. Vías exclusivas para buses

Vías exclusivas para buses son aquéllas en que se asigna toda la calzada al uso exclusivo del transporte público.

Los automóviles pueden verse favorecidos también por la segregación

Aun cuando desde el punto de vista del diseño físico esta medida en principio parece particularmente sencilla, requiriendo sólo de señalización adecuada para funcionar, en términos operacionales suele generar importantes impactos debido al tránsito de vehículos privados que debe reasignarse y las limitaciones de acceso a la propiedad que induce.

Las vías exclusivas para buses se han aplicado en forma permanente en diversos países y por muchos años. Sin embargo, la modalidad de generar esta exclusividad sólo por períodos de tiempo parece ser una innovación reciente, y que ha sido experimentada en Santiago de Chile como parte del

conjunto de proyectos implantados en 2001 para disminuir la congestión. Esta forma de operar significa en la práctica otorgar exclusividad de circulación para buses en la vía completa, pero sólo en los períodos punta, tras lo cual ésta vuelve a funcionar en su condición original de tránsito mixto. En la experiencia referida, las vías involucradas integran la red principal de la ciudad de Santiago y los tiempos de viajes antes y después se presentan en el cuadro III.6.

Cuadro III.6  
**AHORROS DE TIEMPO DE BUSES EN VÍAS EXCLUSIVAS DE SANTIAGO DE CHILE**  
**(HORA PUNTA DE LA MAÑANA)**

Vía exclusiva	Longitud (km)	Sentido	Tiempos de viaje antes de la medida (minutos)	Tiempos de viaje con la medida (minutos)	Ahorro	
					(minutos)	(porcentaje)
Gran Avenida Gral. Carrera	9.4	S-N	38.4	29.3	8.1	23.7
		N-S	26.8	28.4	(1.6)	(6.0)
Recoleta	4.3	S-N	14.1	12.8	1.3	9.2
		N-S	17.1	14.4	2.7	15.8
Santa Rosa	10.5	S-N	40.4	33.6	6.8	16.8
		N-S	24.6	26.2	(1.6)	(6.5)
Pajaritos	7.8	O-P	17.7	17.4	0.3	1.7
		P-O	22.7	19.6	3.1	13.7
San Pablo	9.6	P-O	33.9	25.4	8.4	25.0
Independencia	5.9	N-S	17.3	17.2	0.1	0.5
Vicuña Mackenna	9.3	S-N	26.2	23.4	2.8	10.7
		N-S	22.6	23.3	(0.7)	(3.1)

**Fuente:** Subsecretaría de Transportes, Chile.

N: norte

S: sur

O: oriente

P: poniente

De los datos se desprende que el ahorro promedio de tiempo de viaje alcanza aproximadamente a 10%, cifra que en mediciones posteriores tiende a incrementarse hasta 13%. Por otra parte, es interesante constatar que en casos como Gran Avenida de norte a sur, Pajaritos de oriente a poniente y Vicuña Mackenna de norte a sur, que son sentidos de tránsito con flujo minoritario en la hora punta de la mañana, pues se alejan del centro, los beneficios de la medida son marginales e incluso negativos, lo que sugiere que la capacidad provista para los buses podría ser excesiva, o bien, que en realidad antes no había problema.

Las mediciones iniciales en calles alternativas usadas por automóviles, como Vivaceta (alternativa a Independencia) y Av. Las Industrias (alternativa a Vicuña Mackenna), indicaron aumento en los tiempos de viaje, razón por la que se adoptaron medidas complementarias como vías de sentido variable para acomodar en mejor forma a los vehículos particulares.

De lo anterior se desprende la conveniencia de que los preparativos de estas medidas incluyan campañas masivas de información anticipada a los viajeros y la población en general, proponiendo desvíos y alternativas de ruta destinados a mitigar los efectos negativos que puedan generarse.

#### **4. Transporte público reorganizado con un esquema equivalente a un metro de superficie**

La segregación de carriles para la circulación de buses puede alcanzar una dimensión mayor, cual es reorganizar sobre ellas el servicio de transporte público en un sistema equivalente a un metro de superficie. Diversas experiencias fueron desarrolladas en Brasil, que involucraron no sólo la circulación separada de los buses, sino también estaciones, sistema integrado de pasajes y terminales de intercambio. Estos sistemas han dado origen a una verdadera nueva modalidad de servicios de transporte, que tiene fuerte similitud con los metros, con la ventaja de irrogar costos de puesta en servicio varias veces inferiores.

Un caso paradigmático, que ha servido de inspiración a experiencias posteriores en la región, es el de Curitiba, Brasil.

Las experiencias recientes más conocidas de prioridad a buses han sido concebidas como sistemas integrales de transporte y se inspiran en el modelo de Curitiba

Iniciado en los años setenta, estableció un concepto de transporte público que incluye carriles dedicados y paradas especiales o «estaciones tubo», premunidas de plataformas de altura igual al piso del bus, con el objeto de facilitar el acceso a los pasajeros y simultáneamente impedir que al vehículo pueda subirse o bajarse en cualquier lugar no habilitado; además, cuenta con un sistema de prepago o boleto vendido antes de acceder al vehículo y con integración tarifaria entre servicios troncales y alimentadores.

A la de Curitiba le siguieron variadas experiencias dentro y fuera de Brasil. Un caso relevante es el sistema de trolebús de Quito, Ecuador, inaugurado en 1995 y en proceso de ampliación posterior (Arias, 2001). Se caracteriza por disponer de una ruta exclusiva, de un carril de 3.5 metros de ancho por sentido, estaciones de prepago y plataforma de ingreso a nivel del piso de los vehículos, destinadas a minimizar los tiempos de bajada y subida de pasajeros. Mediciones de tiempos de viaje, antes y después de la implantación del proyecto, permitieron constatar ahorros que en promedio ascienden a 50%.

### EL TRANSMILENIO DE BOGOTÁ

Un caso de especial relevancia de reorganización del transporte sobre vías propias es el denominado «Transmilenio», en Bogotá, Colombia, cuya primera etapa (Calle 80, Avenida Caracas y Autopista Norte) fue inaugurada en diciembre de 2000. El servicio está estructurado de la siguiente forma:

- Servicios troncales de alta velocidad (la media es de unos 25 kilómetros por hora), alimentados por buses que conectan los diferentes barrios cercanos a las estaciones de cabecera, dando un servicio sujeto a frecuencias predeterminadas.
- Los servicios troncales operan en vías segregadas. La primera etapa, ya en servicio, comprende 38 kilómetros, con 53 estaciones sencillas, 4 estaciones intermedias y 4 de cabecera. Los últimos dos tipos están diseñados como puntos de integración con otras líneas de transporte público.
- Buses articulados, para 160 pasajeros, que opera en modo ordinario (se detienen en todas las estaciones) o expreso (se detienen en algunas estaciones).
- Sistema de prepago con tarjetas inteligentes, administrado por una empresa dedicada a este rubro. Los operadores de buses reciben del sistema una remuneración de aproximadamente 1 dólar 40 centavos por kilómetro recorrido.
- Control central de gestión y sistema *Global Positioning System* (GPS) de localización de buses.
- La infraestructura tuvo un costo de 6 millones 800 mil dólares por kilómetro, en tanto que la inversión total, incluyendo el material rodante, ascendió a 9 millones 400 mil dólares por kilómetro, cifras que son muy inferiores a las de un metro.
- “Chatarrización” de un promedio de 2.7 buses antiguos por cada bus articulado; se espera aumentar esta tasa a 4, al entrar en servicio nuevas líneas.

El sistema Transmilenio tiene características operacionales similares a las de un metro. Un año y medio después de su inauguración, transporta unos 700 000 pasajeros en día laboral, superando las estimaciones previas.

Transmilenio se está consolidando ante la comunidad como una iniciativa no sólo de transporte, sino de desarrollo de la ciudad. De ahí que, tras esta exitosa iniciación, se pretende proseguir con el plan de inversiones, que considera una extensión total de 387 kilómetros y una inversión total en infraestructura de 1 970 millones de dólares.

**Fuente:** E. Sandoval, “Concepto integral del espacio público y la movilidad urbana. Enfoque de la ciudad de Bogotá. Caso específico: sistema Transmilenio”, documento presentado en el Seminario Internacional, Caracas, 2001; y edición electrónica del diario *El Tiempo*, “15 buses más para TM” (<http://eltiempo.terra.com.co/bogo/2002-07-25/index.html>), 25 de julio de 2002.

## **F. SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE CALIDAD SUPERIOR**

### **1. Buses ejecutivos**

Una posibilidad de estimular el reemplazo del automóvil como medio para desplazamientos habituales, como ir al trabajo, es la instauración de servicios regulares mediante vehículos colectivos de alto estándar, que en algunas ciudades han sido denominados “buses ejecutivos” o “buses diferenciales”. Existe en el mercado una amplia y diversificada oferta de buses y minibuses que entregan un alto grado de confort y son empleados en servicios de transporte turístico o de empresas, de los que se pueden seleccionar los que serían más apropiados para servicios públicos urbanos.

Su potencial aporte a la descongestión radica en que atraiga a automovilistas, más que a usuarios de buses convencionales. Se ha comprobado fehacientemente que los servicios diferenciales existentes en varias ciudades de América Latina, como Buenos Aires y Rio de Janeiro, transportan gran cantidad de pasajeros que anteriormente empleaban su automóvil (CEPAL, 1995b), disminuyendo la congestión debido a su mejor coeficiente de ocupación de espacio por pasajero.

### **2. Condiciones para la atracción de automovilistas**

Obviamente, un servicio de buses ejecutivos, por alta que fuese su calidad, no es equivalente al del automóvil, pero bajo ciertas condiciones podría ser preferido sobre la base de comodidad, seguridad, confiabilidad, y tiempo de viaje a los lugares de destino, considerando que el tiempo de viaje se puede aprovechar, por ejemplo, para leer (CIS, 1995). Aunque no es el propósito, también pueden ser atraídos usuarios del transporte público convencional insatisfechos con éste y dispuestos a pagar más por un mejor servicio.

Las condiciones apropiadas para que resulte atractivo son (CEPAL, 1995b):

- Servicio relativamente frecuente y regular (al menos 4 veces por hora).
- Rutas que correspondan a los patrones existentes de orígenes y destinos.
- Velocidades de operación relativamente altas, no muy diferentes a las posibles en automóvil, pero en todo caso superiores a las de los buses normales. Ello implica paradas distanciadas. Sería mejor aún si circularan en pistas segregadas o prioritarias para buses, tanto corrientes como ejecutivos, con preferencias en los ciclos de semáforos.
- Vehículos confortables con suspensión neumática, asientos reclinables, sin pasajeros de pie, personal capacitado y con uniforme.
- Otras características pueden ser música ambiental y aire acondicionado o calefacción, en la medida en que el clima lo requiera.

Otra consideración importante para su atractivo es que la organización empresarial sea moderna y eficiente, con una buena imagen reflejada en un servicio esmerado al cliente, venta expedita de boletos, incluida la posibilidad de abonos, buses nuevos y bien mantenidos, paraderos diseñados apropiadamente, en definitiva, que se actúe con un criterio diferente al tradicional (CIS, 1995).

El valor de los pasajes debe ser claramente superior al cobrado en el transporte público normal, puesto que los vehículos de mayor calidad tienen indudablemente un costo más alto. Hay múltiples ejemplos en América Latina de servicios levemente más caros, que por encuadrarse en esos costos ofrecen un transporte no muy diferente, aunque tal vez algo más veloz, en vehículos de menor tamaño. El resultado es que el público que captan proviene de los buses tradicionales, en lugar de los automovilistas, lo que genera más vehículos circulando y, por ende, más congestión y peligro de accidentes.

### **3. ¿Son viables los buses ejecutivos?**

En ciudades con sistema de transporte regulado, sería interesante diseñar estos servicios superiores y concesionarlos.

En ciudades con transporte desregulado, los buses ejecutivos podrían no surgir espontáneamente y es posible que se necesite algún impulso o facilidades. Sin embargo, existe la incógnita de si resultarán rentables y sostenibles, especialmente por no saberse qué grado de preferencia o utilidad percibida manifestarían los usuarios de automóvil. También se requiere una buena asignación de rutas, de preferencia hacia sectores urbanos con residentes de altos ingresos.

Una forma de probar su viabilidad sería dejarla al mercado; simplemente se permitiría su implantación, estableciendo como condición esencial una tarifa mínima elevada, que verdaderamente los diferencie de los servicios comunes. En este sentido, ayuda la no imposición de muchas regulaciones sobre tamaño o especificaciones de los buses, frecuencias, recorridos, y otras, sino por el contrario, el permitir que la iniciativa empresarial disfrute de libertad para adaptarse a los requerimientos de los usuarios. Una ayuda adicional sería la posibilidad de que los buses diferenciales presten servicio sólo de lunes a viernes, en tanto que los fines de semana puedan dar otros servicios en el campo turístico.

### **4. Taxis colectivos**

Otra opción de transporte público de calidad superior está representada por los taxis colectivos, ampliamente utilizados en diversas ciudades. Ofrecen recorridos fijos y cobran una tarifa más elevada que los buses. Su ventaja radica en que, siendo automóviles y transportando a pocos pasajeros, circulan a mayor velocidad. Sin embargo, por ser estrechos, difícilmente atraen a usuarios de automóvil y más bien llevan a personas que alternativamente viajarían en buses.

## H. SISTEMAS FERROVIARIOS O METROS

Entre las justificaciones frecuentemente ofrecidas para validar la construcción de un sistema ferroviario urbano, se argumenta que éste serviría para rebajar la congestión de tránsito, cuya efectividad se analiza en esta sección. Las referencias a la palabra “metro” abarcan a los sistemas de metro propiamente tal, conocido en algunas ciudades como “subterráneo”, los tranvías LRT (*light rail train*) o tren ligero, los trenes urbanos y suburbanos.

### 1. Una introducción histórica

A mediados del siglo XIX, el abogado londinense Charles Pearson consideraba que un ferrocarril subterráneo aliviaría la congestión de tránsito en la capital británica, donde ya viajaban diariamente 750 000 personas (Howson, 1981). La empresa privada que puso en servicios el primer metro en Londres en 1863 seguramente no tuvo como meta aliviar la congestión; sin embargo, habrá visto en esa congestión y en los altos costos que implicaba para los desplazamientos callejeros, la justificación económica de su proyecto. De la misma manera habría justificado su inversión en el primer metro latinoamericano, inaugurado en Buenos Aires en 1913, la también privada empresa tranviaria Anglo Argentina.

Más tarde, al aumentar la participación del sector público en la operación del transporte urbano, la congestión fue también una de sus consideraciones para la construcción de metros, que fueron vistos como una manera de reducirla. Un estudio de 1927 en América Latina concluyó que la implantación de un metro podría resolver los problemas de tránsito de São Paulo (Hochtief, Montreal y Deconsult, 1968). Conviene recordar que en esa época cada pasajero-kilómetro producido por el transporte colectivo generaba mucho más congestión que hoy en día, puesto que los carros de tranvía obstaculizaban enormemente el tránsito no enriado en las vías de uso compartido, y además, los primeros buses (o colectivos) eran de baja capacidad por metro cuadro de espacio vial ocupado, y reducido poder de aceleración y frenado.

Ya en 1932, el arquitecto urbanista europeo Karl Brunner, refiriéndose al caso de Santiago, manifestó que “el congestionamiento del tránsito, la dificultad del estacionamiento se mantendrá en el centro, y la ejecución de una vía subterránea, a lo menos a través del centro, dentro de pocos años será de una urgencia impostergable” (Brunner, 1932). Según las palabras de ese arquitecto, es evidente que en Santiago ya había señales de que el automóvil contribuía a la congestión.

Una vez surgido el automóvil como causa principal de la congestión, dada su gran participación en los niveles de tránsito, se tornó mucho menos probable que la inauguración de un metro la pudiera resolver (Thomson, 1997), según se tratará de explicar en los acápite siguientes. Por ejemplo, se estima

que a mediados de la década de 1920, en Londres, los buses y carros de tranvía representaban a lo menos el 25% del flujo de tránsito no consistente en vehículos de reparto o de carga. En cambio, hoy en día, usando como ejemplo la ciudad de Santiago, la proporción típica correspondiente sería de aproximadamente 7%, en el período de punta.

## **2. ¿De dónde provienen los pasajeros del metro?**

En América Latina, según se desprende de encuestas de preferencias declaradas, realizadas en muchas ciudades a partir de alrededor de 1975, para viajes en un solo modo, muchos viajeros prefieren el metro al transporte colectivo de superficie de calidad normal, si la demora es similar y aún en casos en que tenga una modesta desventaja en términos tarifarios. Antes de esa fecha, aunque no se puede estar seguro de las preferencias de los pasajeros debido a la falta de información, habrían sido muy pocos los que no hubiesen preferido desplazarse en un flamante metro, antes que en los rudimentarios y ruidosos buses, carros de tranvía o colectivos de la época. Por consiguiente, tanto ahora como –aún más–, en el pasado, un metro nuevo atraería grandes cantidades de anteriores usuarios del transporte colectivo.

Por otra parte, el auto es preferido al metro en condiciones de igualdad de tiempos de viaje, tanto por sus atributos subjetivos como por su flexibilidad, privacidad, capacidad de transportar bultos, la protección que ofrece del clima, y otros, dando como consecuencia que un metro recién inaugurado es mucho más atractivo para las personas que anteriormente se desplazaban en buses que para los automovilistas. Uno de los estudios más completos realizados sobre el transporte masivo en ciudades de países en desarrollo concluyó que, en forma típica, inmediatamente después de la puesta en marcha de un metro, 81% de sus usuarios proviene de anteriores ocupantes de buses, 16% son personas que simplemente no viajaban por el eje, y sólo 3% se cambian de auto o moto/bicicleta sobre el eje (Allport y Thomson, 1990). En consecuencia, es evidente que existe una relación directa entre la importancia de los vehículos de transporte colectivo en el flujo de tránsito y el impacto directo del metro sobre la congestión.

La evidencia empírica indica que los metros latinoamericanos inaugurados en las últimas décadas han tenido mínimos impactos sobre la congestión de tránsito. Por ejemplo, en São Paulo se encontró que “los flujos de buses bajaron en 500 por hora y sentido en los corredores atendidos, bajando la congestión al principio, pero luego volvió a niveles serios”; en Santiago, “la congestión continuó siendo seria sobre el eje principal este-oeste, y los flujos de buses se mantuvieron cerca a los máximos posibles”; en Porto Alegre, “no había una congestión seria, antes o después de la inauguración del tren suburbano”; y en México, “permaneció aguda la congestión creada por los automóviles, y aunque las velocidades de circulación de los buses eran buenas, esto se habría debido a la instalación de las vías segregadas, más bien que al

metro” (Allport y J. Thomson, 1990). La evidencia de ciudades en otras regiones es, en general, parecida (I. Thomson, 1997). Ha habido casos en que sistemas de tranvía modernizado o LRT han logrado atraer cantidades importantes de automovilistas, como en Sheffield, donde un excepcional 22% de los usuarios de un nuevo sistema de tranvía anteriormente se desplazaban en auto (Hass-Klau y otros, 2000), pero nada asegura que el espacio vial que liberan no sea aprovechado por otros. Noticias publicadas en medios de prensa técnico-populares señalan que el nuevo sistema de tranvía de Croydon, un suburbio del sur de Londres, ha logrado que baje en 6% el estacionamiento en el centro del distrito y simultáneamente aumenten en 11% las ventas del comercio allí instalado.<sup>1</sup>

### **3. Una explicación de la inhabilidad de los metros para reducir la congestión**

Al analizar lo ocurrido, se puede concluir lo siguiente:

- la puesta en marcha del metro atrae a él muchos antiguos pasajeros del transporte colectivo, y a algunos pocos automovilistas;
- la transferencia desde el transporte colectivo reduce la demanda de éste y, a lo menos en el mediano plazo, rebajaría el flujo de buses sobre el corredor, especialmente en los períodos de punta, a menos que los operadores continúen circulando como antes, a pesar de la menor demanda (esto parece haber ocurrido en el caso de Santiago);
- el espacio vial liberado en los períodos de punta es aprovechado por automovilistas que antes de la puesta en servicio del metro se desplazaban un poco antes, o un poco después, a fin de evitar la aguda congestión de la hora punta, con el resultado de que, a mediano plazo, las velocidades en la punta son casi iguales a lo que habían sido antes de la puesta en marcha del metro, y
- los pocos automovilistas que se cambian al metro liberan estacionamientos, especialmente en el centro de la ciudad, que son aprovechados por otros ciudadanos que se cambian de transporte público a auto, aunque no necesariamente sobre el eje del metro recién inaugurado.

En caso de haber muy poco uso del transporte particular, tal como era el caso hace 100 años, la situación podría ser distinta. El espacio vial liberado por la transferencia señalada en el segundo punto permanecería desaprovechado (sin contar una reducida redistribución temporal de los viajes en transporte colectivo), lo que dejaría sin efecto la consecuencia identificada en el tercer punto; el proceso identificado en el cuarto punto también quedaría nulo, o sería de poca significación.

---

<sup>1</sup> Publicado en la edición de agosto de 2002 de *Tramways and Urban Transit*, órgano de la Light Rail Transit Association, Inglaterra.

Cabe señalar que el hecho de que los metros no reduzcan la congestión en los períodos de punta no significa que no pueden ser beneficiosos desde un punto de vista socioeconómico. Por una parte, reducen los tiempo de viaje de las personas que cambian de bus a metro; por otra, al reducir la duración del período de punta, pueden permitir que una mayor fracción de los ciudadanos viaje en los momentos que mejor les convenga, más que en los de menor congestión.

#### 4. Las consecuencias de una densificación en el uso de suelo

A mediano plazo, la contribución del metro a la solución del problema de la congestión podría ser hasta negativa, debido a su impacto sobre el uso de suelo, coadyuvada por los reglamentos de edificación adoptados por muchas autoridades municipales en América Latina. Indudablemente, el metro mejora la accesibilidad de las zonas cercanas a las estaciones y, por esto, incentiva una mayor densidad habitacional y, particularmente, comercial. Esa mayor densidad no siempre se produce, debido a que depende también de otros factores; no obstante, es probable su ocurrencia en comunas atractivas desde el punto de vista urbanístico y es evidente en sectores como Chacaíto en Caracas y Providencia en Santiago.

En tales sectores, la mejor accesibilidad creada por el metro conduce a la construcción de edificios de oficinas, a los que los trabajadores pueden llegar fácilmente por los trenes subterráneos. Sin embargo, los reglamentos municipales vigentes en muchas municipalidades latinoamericanas exigen que estos edificios tengan un número mínimo de estacionamientos por metro cuadrado de espacio de piso. Esto crea una situación perversa, en que muchos de los oficinistas, aprovechando los estacionamientos proporcionados por decreto municipal, no acuden en metro, sino en auto. En el caso de Santiago, es posible calcular la mayor densidad de los viajes, en hora punta, en la zona de influencia del metro (véase el cuadro III.7).

Cuadro III.7  
**VIAJES POR MEDIOS DISTINTOS DEL METRO GENERADOS EN SU ZONA  
DE INFLUENCIA EN EL GRAN SANTIAGO, 1991**  
*(Viajes en autos equivalentes por km<sup>2</sup> en el período de punta de la mañana)*

Medio de transporte	Densidad de viajes en zona de influencia del metro	Densidad de viajes en la ciudad en general
Auto	816	492
Bus	206	122
Taxi individual	21	12
Taxi colectivo	33	14
	1 076	640

**Fuente:** Estimación propia sobre la base de datos básicos encontrados en: i) Encuesta de orígenes y destinos del Gran Santiago 1991, efectuada para la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA), Santiago, Chile; ii) Instituto de Economía PUC (1993), y iii) varias memorias anuales y consultas telefónicas a la Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A., Santiago. El área de influencia del metro se define como una faja de cinco cuadras de ancho (equivalente a unos 500 metros) en torno de las líneas.

## **5. ¿Cómo pueden contribuir los metros a reducir la congestión?**

El hecho de que los metros pocas veces hayan rebajado la congestión de tránsito, a lo menos desde el inicio de la era del uso masivo del automóvil, no significa que sean incapaces de hacerlo. Las medidas que habría que tomar para maximizar su contribución en ese aspecto, incluyen las siguientes:

- al inaugurar una nueva línea de metro, debe reducirse la oferta de estacionamientos en las cercanías de las estaciones en un monto igual a la cantidad de personas que se cambian de auto a metro, y
- revisar las normas municipales referentes al estacionamiento en edificios de uso comercial, de modo que, para los construidos en las cercanías de las estaciones de metro, se especifique una cantidad máxima, más que mínima, de estacionamientos por metro cuadrado.

Aunque se tomen estas medidas, en el período punta el impacto del metro sería limitado por el cambio de horario de los viajes de los automovilistas, lo que es efectivamente incontrolable.

Sin duda, los metros forman parte del conjunto de medidas destinadas a mejorar la fluidez del tránsito, el que necesariamente tiene que comprender la disponibilidad de servicios atractivos de transporte público. Sin embargo, por sí solos, los metros no son capaces de efectuar un control suficiente de la congestión.

## **I. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MEDIDAS SOBRE LA OFERTA**

### **1. Ventajas**

#### **a) Las medidas alcanzan resultados**

Las medidas sobre la oferta representan en general aumentos de capacidad de transporte, lográndose un cierto grado de descongestionamiento, que en algunos casos es muy marcado, como sucede con la coordinación de semáforos, los carriles segregados para buses y las vías de sentido reversible. Específicamente, se obtienen incrementos de la velocidad media de circulación y baja de tiempos de viaje y de costos de operación.

#### **b) Menores emisiones de gases tóxicos**

Las mayores velocidades de circulación implican reducción de las emisiones totales de gases tóxicos, con lo que se contribuye a mejorar el ambiente.

**c) Ahorro en flota de transporte público**

La mayor velocidad de desplazamiento de los buses permite atender la misma cantidad de pasajeros con menor cantidad de unidades. Ello implica un menor costo total de la flota, con las consiguientes menores tarifas, lo que beneficia especialmente a los estratos de menores ingresos, que invierten una importante parte de sus ingresos en movilizarse.

**d) Mayor equidad social**

Junto con las menores tarifas, los menores tiempos de viaje en buses representan un mejoramiento de la calidad de vida de sus usuarios, en su mayor parte pertenecientes a los estratos menos pudientes.

**e) Algunas medidas son de costo de implantación bajo o moderado**

Diversas medidas sobre la oferta son de costo abordable para el presupuesto de la mayoría de los municipios de las ciudades grandes. Es el caso del rediseño de intersecciones, la demarcación y señalización y la implantación de reversibilidad del sentido de circulación. Otras, como los buses ejecutivos, tienen costos mayores, pero podrían autosustentarse. Eventualmente, los carriles segregados podrían ser financiados mediante concesión.

**f) Retención de usuarios en el transporte público**

Las medidas relacionadas con el mejoramiento del transporte público aumentan su atractivo y reducen la presión por cambiarse al automóvil. En la medida en que las ciudades de regiones en desarrollo logren mantener la elevada proporción de viajes aún realizados en transporte colectivo, que fluctúa entre 50% y 80%, se podrán evitar las situaciones más dramáticas de congestión.

**g) Un sistema de transporte público de calidad desincentiva la expansión de la ciudad**

En la medida en que exista transporte público adecuado, existen ventajas para instalar empresas o residir cerca de él, lo que baja la presión por trasladarse a los suburbios, donde se dependerá del automóvil.

## **2. Desventajas**

**a) Algunas medidas son de costo elevado**

La coordinación centralizada de semáforos, no obstante su alta efectividad, es de costo elevado. Lo mismo sucede con la reorganización del transporte público en un sistema equivalente al metro de superficie. Posiblemente estos proyectos requieran de apoyo financiero del gobierno nacional, lo que por lo demás sucede habitualmente con los metros.

**b) Dificultades en la adaptación a las vías de sentido variable**

Las vías de sentido de tránsito reversible implican la necesidad de solucionar los desplazamientos de quienes desean circular en sentido contrario. Posiblemente estos viajes resulten de mayor longitud y podrían experimentar cierta congestión. La medida puede provocar confusión en los usuarios y un aumento de accidentes, por lo que debe establecerse un buen esquema de señalización e información. No puede descartarse algún grado de resistencia de los usuarios.

**c) Problemas con carriles segregados en el centro de la calzada**

Deben proveerse accesos seguros para peatones en las zonas de las paradas de buses. También debe señalizarse la forma de cruzar los carriles hacia la izquierda.

**d) Problemas con carriles segregados en el borde de la calzada**

Deben resolverse los giros a la derecha y el acceso desde y hacia los predios ubicados en los márgenes de la vía.

**e) Problemas con la introducción de tecnologías nuevas**

El control centralizado de semáforos requiere un complejo sistema tecnológico disponible en pocos lugares. La reorganización del transporte público en un esquema similar a un metro de superficie exige también tecnologías nuevas para el control de la circulación y, posiblemente, pasajes integrados con otras líneas de buses, con el correspondiente sistema de distribución de los ingresos entre los diversos actores, además de algún tipo de boletos inteligentes. Las tecnologías nuevas obligan a la capacitación de quienes deben manejar los sistemas y también deben adaptarse los pasajeros.

**f) Necesidad de crear instituciones nuevas**

Un servicio similar a un metro de superficie necesita una institucionalidad nueva que sea capaz de manejar el complejo sistema en que participan diversos componentes (infraestructura vial y sus relaciones con la red de calles y caminos, los vehículos y su operación y control, venta de pasajes y distribución de ingresos, gestión general, relaciones públicas, entre otros), cuyos intereses deben ser atendidos.

**g) Resistencia al cambio**

Un servicio similar a un metro de superficie es una medida compleja de implantar, no sólo por las dificultades propias de instaurar un sistema nuevo, sino también por la resistencia al cambio por parte de los actores del esquema preexistente. Especialmente debe tomarse en cuenta la reacción de los operadores de buses, que podrían no estar en condiciones de integrarse a la nueva modalidad, sin olvidar que los usuarios también deberán internalizar nuevas prácticas en sus viajes.

## **J. ADECUACIÓN PERMANENTE Y CONSISTENTE DE LA OFERTA**

La oferta de transporte debe concebirse como un sistema, que permanentemente debe estar en proceso de mejoramiento y adaptación. Resultados mejores pueden esperarse de la intervención simultánea y progresiva en una amplia gama de facetas que componen el sistema de transporte, como una apropiada demarcación y conservación de las calles, la coordinación de los semáforos, la racionalización del transporte público, y muchas otras. En otras palabras, es necesario poner en práctica un conjunto de medidas factibles destinadas a ampliar la capacidad mediante el mejoramiento de la gestión y la productividad de la infraestructura existente. De todas las medidas, las que parecen tener más prometedores resultados son la coordinación de semáforos y la instauración de carriles segregados para buses, junto con la reorganización del transporte público sobre ellos.

El mejoramiento de las vías e incluso su ampliación, son medidas potencialmente útiles, siempre que se eviten efectos negativos sobre la habitabilidad y calidad de vida. Asimismo, deben acompañarse de otras que eviten su pronto atochamiento o que éste se traslade algunas cuadras más allá. No obstante, la sola provisión de más infraestructura vial no resuelve la congestión y es necesario esforzarse en no caer en la ilusión de que se puede eliminar con autopistas urbanas, túneles y viaductos. En realidad, esa aproximación puede contribuir a empeorar la situación. Así lo muestra la experiencia de Los Ángeles y otras grandes urbes que la aplicaron, en las que la construcción de numerosas autopistas urbanas generó tal atracción por el uso del automóvil, que la congestión se tornó mucho más inmanejable.

En todo caso, la mejor utilización de la oferta no da cuenta por sí sola de las complejas realidades ligadas a la congestión. Las vías urbanas, especialmente en el centro, no tienen la capacidad suficiente para soportar el uso indiscriminado del automóvil particular, y no la van a tener nunca, aunque se tomen todas las medidas financiera, ambiental y políticamente factibles para ampliarlas. De allí que sea necesario incorporar medidas sobre la demanda, que permitan resolver los desajustes en el uso de la infraestructura y apunten al logro de un equilibrio aceptable para la comunidad.

## Capítulo IV

### **CONTROL DE LA CONGESTIÓN MEDIANTE ACCIONES SOBRE LA DEMANDA**

#### **A. LA DEMANDA DE TRANSPORTE Y LA CONGESTIÓN URBANA**

##### **1. ¿Qué es la demanda de transporte?**

La demanda de transporte obedece a la necesidad o deseo de trasladar personas y bienes de un lugar a otro. Las actividades se efectúan en distintos lugares de la ciudad, lo que implica la realización de múltiples desplazamientos para ir y volver, por ejemplo, de la casa al trabajo o al estudio, para hacer compras, asistir a eventos culturales, sociales o recreativos, u otros. A fin de aprovechar mejor el día, gran cantidad de actividades laborales y educativas comienzan temprano en la mañana, lo que conlleva una fuerte acumulación de viajes en períodos relativamente breves, situación que se repite en la tarde a la hora de término de la jornada, aunque en forma generalmente menos aguda.

Si bien la esencia de la demanda es la movilización de personas o cosas, tiene también una dimensión de tránsito, en términos de volúmenes de vehículos que para dichos efectos se desplazan por las vías públicas. Las mencionadas concentraciones de viajes de la mañana y de la tarde generan el aumento de los volúmenes de tránsito, conocidos como lapsos u horas punta, que se traduce en congestión en diversas calles y períodos.

##### **2. Hay que actuar no sólo sobre la oferta, sino también sobre la demanda**

La oferta de transporte se ha ido desarrollando en respuesta a la demanda y debe seguir haciéndolo. Sin embargo, hay que reconocer que el gran número de automóviles existente y la marcada preferencia por usarlos, agravada por el hecho de que los usuarios no perciben plenamente los costos del transporte involucrados, hacen que dicho empeño sea del todo insuficiente.

Es preciso actuar también sobre la demanda. Los problemas se manifiestan sobre todo en las zonas céntricas durante los lapsos punta y es ahí donde hay que hacer los mayores esfuerzos. Son útiles medidas que contribuyan a que en esos lugares y momentos circule un menor volumen de automóviles, que esos períodos sean más extendidos o que una cantidad de viajes se traslade para antes o después de ellos. La alternativa de eliminar por completo un determinado número de desplazamientos sería inconveniente en la medida en que implique la pérdida de la utilidad que ellos representan para quienes quieren realizarlos, junto con la potencial supresión de las actividades que desearían desarrollar. Sin embargo, a mediano y largo plazo, las modernas tecnologías de comunicación como Internet, correo electrónico y telefonía móvil, o una modificación del uso del suelo pueden ayudar a reducir la necesidad de moverse, con un efecto beneficioso sobre la congestión.

La supresión lisa y llana del automóvil en zonas céntricas parece inviable, a la vez que innecesaria. Las medidas sobre la demanda deben apuntar primordialmente a modificar la repartición modal o tipo de vehículo usado en las horas de mayor concentración y desplazar una parte de los viajes a horas de menores niveles de tránsito. Un menor uso del automóvil en las horas punta significa ampliar de hecho la disponibilidad de espacio vial, lo que se traduce en un aumento de las velocidades y una disminución de los tiempos de viaje de todos los vehículos, incluidos por cierto los de transporte público.

¿Es necesario proscribir al automóvil?

De acuerdo a lo razonado, la congestión podría disminuirse en buena medida si fuese posible convencer a un número significativo de automovilistas de que efectuaran sus desplazamientos en sectores o períodos congestionados mediante vehículos colectivos o por medios no motorizados, o que modificaran el horario del viaje. En otras palabras, se trata de inducir cambios de conducta que impliquen el reemplazo transitorio del automóvil. Los resultados esperados son:

¿Qué cambios de conducta reducirían la congestión?

- mayor utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluido el uso compartido del vehículo particular;
- transferencia de viajes en automóvil desde las horas punta a horas fuera de punta, y
- realización de viajes a pie o en bicicleta.

### 3. Medidas sobre la demanda que inhiben la congestión

Hay una gran variedad de acciones sobre la demanda que son útiles para aminorar la congestión.

Existen varios métodos que procuran cambiar los hábitos de uso del automóvil mediante procesos de identificación de posibilidades convenientes de desplazamiento por medio de modos alternativos. Estos métodos procuran generar en los automovilistas un convencimiento íntimo que los conduzca a cambios de comportamiento perdurables, como la restricción voluntaria del uso del auto (véase el acápite F.1 de este capítulo).

Otros tipos de medidas procuran cambios de conducta mediante la coerción o los incentivos/desestímulos. Los coercitivos son de tipo reglamentario, y obligan a los usuarios mediante restricciones. En cambio, los segundos consisten ya sea en ventajas o premios económicos para quienes adopten ciertas conductas, o en la obligación de pagar para poder realizar determinadas acciones (GTZ, 2001). Las medidas de carácter económico pueden parecer menos efectivas y en algunos casos se reputan de poco equitativas desde un punto de vista social, aunque pueden tener una mayor aceptabilidad en los usuarios. Por otra parte, las reglamentaciones son vulnerables. Sin embargo, ambos tipos de medidas deben tenerse en cuenta para un mejor resultado global.

Diversas medidas pueden contribuir al buscado cambio de hábitos de transporte para mitigar la congestión. En las secciones siguientes se hace una reseña sobre:

- el control de estacionamiento en las calles y fuera de la vía pública;
- el escalonamiento o dispersión de horarios de las actividades laborales, educativas y comerciales;
- la restricción vehicular o prohibición de circular para parte de los vehículos existentes;
- la tarificación vial mediante métodos electrónicos y no electrónicos de recaudación;
- métodos y situaciones que aminoran la congestión sobre la base de la convicción personal y la reducción de la necesidad de viajar.

Además, se hacen reflexiones sobre la relación entre el uso del suelo y la congestión en el largo plazo.

## **B. EL CONTROL DE ESTACIONAMIENTO**

El estacionamiento es una condición evidentemente indispensable en todo sistema de transporte vial. En particular los automóviles no están destinados a un movimiento perpetuo, sino a realizar viajes determinados y específicos, según sea el propósito de los usuarios. Una vez concluido un desplazamiento, o al cabo de una secuencia de ellos, cuando el usuario ya no requiera moverse, el vehículo pasa a una etapa de reposo, en la que debe, necesariamente, ocupar un espacio que se sustrae a casi todo uso alternativo.

Lo señalado abre la opción de manejar los estacionamientos como herramienta para regular el tránsito y aminorar la congestión. La dotación de

¿En qué forma puede el control de estacionamiento aminorar la congestión?

estacionamientos o su ausencia, así como su costo, facilitan u obstaculizan el acceso en automóvil, sobre todo para aquellos recorridos en los que el usuario debe encontrar, de una manera accesible, un lugar para dejar el automóvil. La escasez de estacionamiento en la cercanía de los destinos o un valor elevado por su uso es, de hecho, en numerosas situaciones, un desincentivo al uso del vehículo particular, así como su buena disponibilidad genera el efecto contrario.

Es preciso encontrar el mejor equilibrio entre accesibilidad y limitaciones en el uso del automóvil, lo que puede exigir el mejoramiento del transporte público e implantar las medidas restrictivas en forma gradual.

### 1. Descripción de la medida

El control de estacionamiento consiste en regular la disponibilidad de sitios de parqueo en distintas zonas de la ciudad, con el fin de disminuir la congestión. Controlar el estacionamiento, sea restringiendo el número de sitios disponibles o cobrando por su uso, ha sido reconocido desde hace tiempo como uno de los elementos más efectivos en cualquier estrategia para reducir el uso del automóvil (Enoch, 2002). De esta manera, se dan señales de que no cualquier viaje en automóvil, en cualquier momento, es conveniente para la sociedad.

Una opción para bajar la congestión es desalentar los viajes en auto a las zonas centrales de las ciudades en las horas punta. Dado que más de la mitad de los viajes en esos períodos tienen como propósito ir al trabajo, existe un interesante potencial para atacar la congestión mediante acciones que desestimen u obstaculicen el estacionamiento de larga duración cerca de o en las zonas con gran cantidad de puestos laborales. Las restricciones pueden incentivar el cambio a vehículos de alta ocupación o la transferencia de viajes fuera de los períodos punta.

Los objetivos que se pueden perseguir al actuar sobre los estacionamientos, con el fin de aliviar la congestión, son los siguientes:

¿Qué se pretende con el control de estacionamiento?

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías;
- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo;
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular;
- incentivar la transferencia de viajes de horas punta a horas fuera de punta;

- facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros, y
- reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- la prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos;
- la fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento, y
- la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Por otra parte, la provisión de estacionamientos intermedios que permitan hacer viajes combinando el automóvil con el transporte público, también puede contribuir a aminorar la congestión.

Debe dejarse en claro que el control de estacionamiento no persigue prohibir el uso del automóvil, ni mucho menos ahogar el desarrollo de las actividades urbanas. Por ello, es necesario conjugar una apropiada provisión de estacionamientos en zonas sin congestión, con ciertas limitaciones en aquellas donde la hay, con el fin de alcanzar los mejores resultados para el desenvolvimiento de una ciudad.

La experiencia adquirida en varios países demuestra que la regulación del estacionamiento y una adecuada vigilancia para hacerla respetar permiten obtener buenos resultados y pueden desempeñar un papel significativo en la disminución del uso del auto particular.

En todo caso, las medidas deben diferenciarse según sea la naturaleza de los estacionamientos, pudiéndose distinguir:

- el estacionamiento libre o gratuito en la calzada
- el estacionamiento regulado o pagado en la calzada
- el estacionamiento pagado fuera de la calzada
- el estacionamiento gratuito fuera de la calzada

A continuación se comentan las posibilidades de mitigar la congestión actuando en los ámbitos mencionados.

## **2. Estacionamiento libre o gratuito en la calzada**

El estacionamiento en las calles es apetecido por los usuarios, en atención a que en muchos casos provee una solución asequible y cercana al destino preciso, con mayor razón si es gratuito. Lamentablemente, el espacio ocupado se sustrae de la circulación durante todo el tiempo que dure la detención del vehículo. Ello reduce la capacidad de la vía y puede tornarse crítico en arterias cuyo tránsito es elevado, particularmente en las horas punta.

#### **a) Prohibición selectiva de estacionar**

Como su nombre lo indica, esta medida consiste en prohibir el estacionamiento en determinados lugares y períodos de tiempo.

La prohibición rescata virtualmente un carril para los vehículos que desean circular, a costa de incomodar a los relativamente pocos vehículos que podrían estar estacionados. Un carril adicional puede permitir el paso de unos 1500 vehículos por hora, agilizando enormemente el tránsito en vías de alta demanda y reduciendo drásticamente los niveles de congestión. Lo más notable es que se trata de un espacio vial disponible y que puede liberarse con medidas al alcance de las autoridades.

La prohibición de estacionar sobre la calzada se justifica sólo en lugares donde tenga una contribución efectiva. Es apropiada en aquellas vías que, por su volumen de tránsito, requieren un mayor espacio para desahogar los flujos, lo que sucede generalmente en avenidas importantes y calles de las zonas céntricas de las ciudades.

La prohibición puede ser permanente en las avenidas principales, en uno o ambos costados, en tanto que en otras vías ella puede ser temporal, abarcando solamente los días laborales (lunes a viernes o sábado en la mañana), excluyéndose las horas nocturnas. Por el contrario, en las calles de carácter vecinal no tiene real sentido.

Un caso particular es la detención para faenas de carga y descarga, las que deben estar vedadas en los momentos más álgidos y permitidas expresamente en horarios de baja demanda de tránsito.

Esta medida es generalmente de facultad municipal y puede contar con un razonable grado de apoyo ciudadano. Posiblemente, la mayor resistencia en el momento de ponerla en vigor provenga de residentes que no tengan estacionamiento propio, razón por la que cabe considerar, donde sea factible, permitir el aparcamiento nocturno.

#### **b) No basta con prohibir el estacionamiento**

Como en tantas otras cosas, no basta con disponer la medida (OCDE, 1981). Ésta debe estar debidamente señalizada mediante signos convencionales; además, al implantarse, debe publicitarse ampliamente, para que nadie pueda alegar desconocimiento. De cualquier forma, es preferible lograr el apoyo ciudadano, ya que el acatamiento voluntario facilita enormemente el cumplimiento de los objetivos, para lo que es esencial explicar qué se pretende lograr.

Con todo, se requiere ejercer vigilancia para que la medida sea respetada, y en caso de infracción, que el responsable sea verdaderamente sancionado. En este sentido, es importante contar, sobre todo en las horas de mayor demanda, con un mecanismo que ofrezca una alta probabilidad de que los infractores sean detectados, mediante un apropiado número de inspectores y un buen

sistema de patrullaje. Además, es necesario un esquema objetivo de sanciones y un sistema que las haga efectivas. En ausencia de control eficaz, campeará el estacionamiento ilegal. Las disposiciones que no cuentan con un sistema coercitivo que funcione, pronto pasan a ser letra muerta. En Washington, D.C., donde había un alto grado de irrespeto a las reglas sobre estacionamiento, se instauró un sistema de vigilancia con cepos y grúas, inicialmente resistido, pero luego aceptado y posteriormente privatizado (MINTRATEL, 1995). Algo similar ha ocurrido en Ciudad de Guatemala.

Si se pretende que sea exitosa, la prohibición de estacionar debe formar parte de un conjunto de medidas, entre las que debe considerarse un mejoramiento del transporte público. Asimismo, sería importante que existiera alguna dotación de estacionamientos en las inmediaciones de las zonas restringidas, que pueda recibir a quienes quieran o necesiten acercarse a ella en automóvil.

### **3. Estacionamiento regulado o pagado en la calzada**

Si en las vías de mayor afluencia de vehículos se justifica la prohibición, hay numerosas otras en que, siendo posible el estacionamiento, es necesario regularlo mediante parquímetros y otros medios que racionalicen la demanda. El propósito es generar la probabilidad de encontrar un sitio cuando se requiera y, en el caso de ser pagado, de hacer asumir al usuario el costo que para la sociedad implica la provisión del espacio.

En las zonas centrales de las ciudades, debe propenderse a que el estacionamiento en las calles se destine a estadías de corta duración. Ello permite el acceso para fines de trámites o compras, a la vez que inhibe el aparcamiento para fines laborales, que representa el grueso de los motivos de viaje en las horas punta.

El pago de una tarifa debe ser el principal elemento racionalizador del aparcamiento regulado en la vía pública y tiene la ventaja adicional de generar recursos para el municipio. Puede ser conveniente establecer también lapsos máximos de estadía, aunque el pago es en sí un disuasivo para quedarse mucho tiempo. Una regulación más liviana consiste en permitir el estacionamiento gratuito, pero estrictamente limitado en cuanto a tiempo, para asegurar la rotación. Otra modalidad empleada es reservar espacios para vehículos de dignatarios nacionales o extranjeros, aunque ello podría considerarse discriminatorio y generar resistencias. Sea cual fuere la modalidad empleada, debería darse a conocer claramente en el mismo lugar mediante simbología y carteles apropiados.

La regulación del estacionamiento en la vía pública es generalmente de potestad municipal y podría contar con un razonable apoyo del público. Su costo de implantación es normalmente abordable por medio de los presupuestos municipales o por concesión, recuperándose mediante el pago de las tarifas.

**a) Parquímetros y otras formas de control de la estadía**

Hay distintas formas de materializar el control. Una opción simple de controlar la estadía, independiente de que el estacionamiento en la calzada sea pagado o gratuito, es el empleo de un documento normalizado, dejado de modo visible dentro del vehículo, en que se indique el límite de tiempo autorizado. Cae dentro de esta categoría la venta de licencias de estadía por períodos exactos. Los mejoramientos tecnológicos han permitido disminuir la vulnerabilidad que estos sistemas tenían originalmente.

Los parquímetros son medios efectivos para regular el estacionamiento autorizado en la vía pública. Estos aparatos tienen una amplia gama de características (pueden ser sólo medidores del tiempo o también recaudadores mecánicos o electrónicos, manuales o automáticos, con monedas o tarjetas). Es preferible que tengan la opción de fijación de estadías máximas para los vehículos.

En países con mano de obra de bajo costo o elevados niveles de desempleo, es posible manejar los estacionamientos con cobradores humanos premunidos de aparatos registradores del tiempo estacionado. Así, además de crear fuentes de trabajo formal, se puede cobrar el tiempo exacto de uso, sin perjuicio de que exista un monto mínimo por el hecho de estacionarse. Ello evita el no pago del tiempo empleado en exceso en relación con el pagado por adelantado. Por otra parte, de hecho el cobrador es un vigilante y de paso se eliminan los informales “cuidadores de vehículos”.

La entrega de los parquímetros en concesión tiene las ventajas de disminuir los riesgos inherentes a su funcionamiento, especialmente con relación a la recaudación, al mismo tiempo evita que el incremento del personal municipal. Otra opción que se aproxima a lo indicado es la creación de una corporación descentralizada de propiedad municipal.

Recuadro IV.1

**MEDIDAS SOBRE ESTACIONAMIENTOS CONTRIBUYEN A DISMINUIR EL DESEMPLEO Y LA CONGESTIÓN EN SANTIAGO DE CHILE**

Varios municipios de Santiago de Chile, han contratado empresas que manejan los estacionamientos en la calle mediante cobradores humanos provistos de registradores electrónicos manuales, que también dan recibo a los usuarios. En momentos de elevado desempleo, ello no sólo ha regulado exitosamente la oferta de estacionamiento en la vía pública, sino que también ha servido para crear puestos de trabajo formales.

Además, se han construido unos 4 400 estacionamientos subterráneos que implicaron la supresión de 5 500 estacionamientos en la vía pública. Una ley dictada en 1997 facultó a los municipios a entregar en concesión el subsuelo de su territorio para descongestionar las calles y reducir la contaminación. Las concesiones se otorgan previo visto bueno del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y exigen la supresión en la superficie de al menos 120% de los sitios subterráneos autorizados. En el entorno del nuevo estacionamiento (unos 200 a 500 metros) se prohíbe el aparcamiento en las calles, de modo de aumentar el espacio para la circulación y evitar asimismo la competencia de estacionamiento cercano.

**Fuente:** Ley 19.495 de Chile y diario *El Mercurio*, Santiago de Chile, 25 de mayo de 2001.

**b) ¿Cuánto cobrar?**

El cobro por un bien escaso y apetecido es un mecanismo destinado a que los usuarios paguen los costos que imponen a la sociedad y no debería cobrarse menos que eso. Por otra parte, la tarifa debe ser la necesaria para racionalizar el uso en conformidad a la demanda, por lo que puede ser fija o variable a lo largo del día.

La tarifa de estacionamiento en las calles debería incluir:

¿Qué se paga al usar un estacionamiento?

- los costos de transformar el lugar en parqueo (señalización y equipamiento) y de operarlo, incluyendo, desde luego, los salarios de los trabajadores e inspectores, de modo de autofinanciar y eventualmente concesionar el sistema. En la medida en que ello no sea así, como a veces sucede, habrá un subsidio implícito a los usuarios, con la consiguiente sobreutilización;
- el valor del derecho a ocupar un espacio público por cierto tiempo; este puede calcularse sobre la base de los costos de congestión impuestos a los vehículos que circulan, provenientes del hecho de no tener a disposición todo el ancho de la calzada (Valenzuela y Gálvez, 1995). En otras palabras, sin los estacionamientos, prevalecen una determinada velocidad de circulación y los consumos asociados a ella, en tanto que con ellos esos factores son diferentes; la tarifa de aparcamiento se puede calcular como la diferencia entre ambos, lo que puede dar origen a cobros diferenciados durante el día.

Asimismo, es recomendable que las tarifas de los parquímetros sean más altas que las de los estacionamientos subterráneos para fomentar el uso de éstos, pues es preferible sacar de las calles a los vehículos detenidos.

**c) Se necesita un control efectivo**

Los cobradores humanos pueden ser la primera línea de un sistema de control de los usuarios, que debe complementarse con un grupo de supervisores. En el caso de pagos directos a los parquímetros, se debe contar con inspectores (30 ó 50), para evitar la falta de pago. Sin duda que la concesión de parquímetros hace más eficaz el sistema de cobro.

Un elemento importante para el buen funcionamiento del estacionamiento en la vía pública es la homogeneidad de la vigilancia en una zona determinada. Si los estacionamientos con parquímetro están bien vigilados y no así los sectores aledaños de estacionamiento prohibido, serán grandes los riesgos de aparcamiento ilegal.

**d) Prohibición de usar estacionamientos regulados durante las horas punta**

La prohibición del uso de los estacionamientos regulados durante las horas punta de la mañana constituye una posibilidad de profundizar el control de la congestión. La medida cumple con el objetivo de facilitar el desplazamiento del tránsito e inhibe el parqueo para fines laborales. Los potenciales usuarios deben cambiar su modo de transporte o cambiar su viaje fuera de la punta, aliviando así los volúmenes de tránsito más intenso.

Si se afectan contratos vigentes de concesión de parquímetros, es necesario considerar las indemnizaciones que correspondan.

#### **4. Estacionamiento pagado fuera de la calzada**

Resulta lógico que la mayor parte de los estacionamientos se provean fuera de las calles, ya sea en predios privados o en la faja pública, fuera de la calzada propiamente tal. Aparte de que es imposible que las calles sean suficientes para estacionar todos los vehículos, su función primordial no es precisamente el parqueo.

Los estacionamientos pagados fuera de la vía pública pueden ser subterráneos, en edificios o a nivel del suelo. A veces estos últimos están instalados precariamente en terrenos baldíos; desde un punto de vista urbanístico, convendría que fuesen obligados a subir de categoría. Un aspecto al que debe prestarse atención es a los accesos, para evitar que ellos sean fuente de congestión; cualquier posible fila que se produzca debería poder ubicarse fuera de los carriles de la calzada principal.

Los parqueos fuera de la calzada tienen la ventaja de que bajan la presión por estacionar en la calle y pueden ser motivo de emprendimiento comercial. Cuando se trata de edificación en altura o en profundidad, implican inversiones cuantiosas, pero que pueden ser rentables con el pago de las tarifas. Su origen puede estar en la iniciativa privada o una concesión de espacio superficial (en espacios públicos fuera de la calzada) o subsuelo público (por ejemplo, bajo avenidas, plazas, parques, y otros). Las concesiones de alta inversión suelen conllevar la prohibición de estacionar en todas las calles dentro de un perímetro de algunas cuadras a la redonda, para evitar pérdida de demanda.

Las modalidades de la concesión, incluyendo cuál deba ser la entidad concedente, dependen de la institucionalidad de cada país, pudiendo o no ser de competencia municipal. Es probable que se despierte un cierto grado de resistencia de los usuarios acostumbrados a estacionar a costos menores.

#### Recuadro IV.2

##### **CASOS DE LIMITACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO DE LARGA DURACIÓN**

En München, Alemania, se estableció una política integrada de estacionamiento para toda la ciudad, con tratamiento tarifario flexible en función del nivel de ocupación. Una importante línea de acción fue la supresión de 1 200 plazas de estacionamiento público (concesionados y municipales) de larga duración en el centro, con el fin de que subiese el precio de las estancias prolongadas en los estacionamientos privados. Las grandes tiendas tienen pocos estacionamientos cuyo uso es caro; además, al igual que los centros de servicios, deben desarrollar accesos propios al transporte público. Paralelamente, se adoptaron medidas para ajustar la capacidad del transporte colectivo y mejorar la coexistencia en la vía pública de distintos tipos de vehículos, moderando la agresividad del automóvil mediante medidas en las calzadas (*traffic calming* o templado del tránsito).

En París, Francia, también se restringió el número de estacionamientos de larga duración en el centro, suprimiéndose 3 500 plazas, junto con encarecer los estacionamientos y realizar un proyecto de tarifas unificadas de estacionamiento/transporte colectivo. También se mejoró la capacidad del bulevar periférico, con una vía subterránea en el tramo sur/sureste.

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), «Análisis de la problemática de estacionamiento en las principales ciudades del país», estudio preparado por Consultores en Ingeniería de Transporte Ltda. (CITRA), Santiago de Chile, junio de 1995.

#### **a) El pago como instrumento de regulación**

El estacionamiento pagado fuera de la calzada también puede jugar un papel en el control de la congestión. Desde luego, permite eliminar sitios de parqueo en la calzada.

Asimismo, el pago es un incentivo para racionalizar el uso del automóvil, especialmente cuando se trate de estacionamiento de larga duración. Hay que

tener presente que es factible el cobro de derechos municipales, ya sea por el usufructo de sitios públicos o el establecimiento de derechos por el ejercicio del negocio, para llevar las tarifas a los niveles apropiados.

#### b) Prohibición de estacionar en sitios pagados fuera de la calzada

Una forma complementaria de reducir la disponibilidad de estacionamientos de larga duración sería prohibir el ingreso a parqueos pagados durante la hora punta de la mañana. Ello obligaría a indemnizar el derecho de explotación que se pierde. A primera vista, parece más adecuado el cobro de un impuesto para que el monto de las tarifas inhiba dejar el vehículo durante toda la jornada de trabajo.

Recuadro IV.3 ESTUDIO DE REGULACIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LONDRES				
Un estudio de 1998 analizó diversas medidas para bajar la congestión en Londres, entre las que se encuentran varias proposiciones referentes al estacionamiento. Una propuesta fue incrementar la tarifa de los estacionamientos públicos de corta duración en el centro, estimándose que un alza de 200% bajaría los niveles de tránsito en 4%; por equidad, se requeriría alzar también las tarifas de estacionamiento en otras zonas comerciales que compiten con las del centro.				
Además, se propuso elevar en 200% las tarifas de estacionamiento público de larga duración, lo que haría disminuir el tránsito en 6%. La aplicación de un impuesto de 5 000 libras (£) anuales por cada estacionamiento privado no residencial ( <i>private non-residencial</i> o PNR) reduciría los flujos en 13%; este efecto sería más notorio en la parte exterior de la ciudad, pues actualmente hay gran disponibilidad de ellos, a bajos valores.				
El estudio propuso implantar gradualmente las alzas indicadas, según se indica a continuación:				
	2000	2003	2005	2008
Estacionamiento público	+20%	+50%	+100%	+200%
Tarifa anual PNR	-	£ 1 500	£ 3 000	£ 5 000
<b>Fuente:</b> London Planning Advisory Committee (LPAC), "Developing Road Traffic Reduction Targets of London", estudio realizado por Halcrow Fox, Londres, diciembre de 1998.				

### 5. Estacionamiento gratuito fuera de la calzada

Diversas instituciones ofrecen estacionamiento gratuito para favorecer sus operaciones. Desde el punto de vista de su relación con la congestión, pueden agruparse bajo los rubros que se comentan a continuación, teniendo siempre presente que el problema se manifiesta principalmente en zonas céntricas durante las horas punta.

**a) Centros comerciales, instituciones de servicio y empresas con fines de lucro**

La puesta a disposición de estacionamientos gratuitos para clientes puede ser una necesidad imperiosa para el buen funcionamiento de establecimientos comerciales y otras entidades a las que acude público para recibir un servicio o realizar trámites o negocios, como centros de salud, oficinas de pago de servicios, bancos, diversas empresas públicas o privadas, y otras. Los viajes atraídos suelen representar detenciones de duración relativamente corta y muchos de ellos (aunque no necesariamente la mayoría) se efectúan de todos modos fuera de las horas punta.

Junto con un apropiado diseño de los accesos, en las zonas congestionadas podría evitarse, hasta donde sea posible, la atención durante lo más álgido de la hora punta de la mañana. Salvo en el caso de los establecimientos de salud, posiblemente sea factible regular en la forma mencionada los horarios de atención de público, de modo de evitar o aminorar su superposición con las horas puntas de tránsito. Otro tipo de restricciones, como cobrar un derecho proporcional a la superficie destinada a estacionamiento, serían altamente resistidas, a la vez que podrían inhibir el desarrollo comercial e institucional de la zona afectada.

**b) Lugares de trabajo y de educación superior**

Diferente es el caso del aparcamiento para trabajadores provisto por sus empleadores, pues sus desplazamientos coinciden mayoritariamente con los períodos punta. Estas granjerías suelen ser otorgadas a los trabajadores para atraer mano de obra calificada o se obtienen en los procesos de negociación salarial colectiva. El estacionamiento gratuito provisto por instituciones de educación superior a sus alumnos es de efectos similares.

Un efecto colateral es que las facilidades para estacionar en el sitio de trabajo o estudio estimulan la expansión de las ciudades, pues posibilitan vivir en lugares donde el transporte público no llega y probablemente nunca llegará, dada la baja densidad de habitantes. Así, aumenta la dependencia del automóvil, con un redoblado efecto sobre la congestión. La expansión urbana aumenta, además, el costo de hacer ciudad, debido a la mayor extensión que debe darse a las redes de servicios básicos e incrementa las distancias y costos de los viajes.

Una prohibición completa de ingresar durante el lapso de punta de la mañana puede ser inviable y demasiado drástica para disminuir la congestión. Más factible parece el cobro a la respectiva entidad de un derecho o impuesto por cada estacionamiento ofrecido, el que podría traspasarse a los estudiantes, aunque no a los trabajadores. Otra opción es fijar dotaciones máximas de estacionamiento, claramente inferiores a la cantidad de trabajadores. En ambas circunstancias, si el transporte público no se estima adecuado, la empresa

podría proveer transporte colectivo o estimular el uso del automóvil compartido. También puede intentarse la flexibilización del inicio de la jornada laboral o estudiantil, de modo que no todos deban llegar a la misma hora.

Este tipo de regulaciones afectan derechos de propiedad, por lo que seguramente no se podrían introducir por sola determinación municipal, pudiendo ser necesaria una ley que autorice imponer las limitaciones. Seguramente estas medida generarían una fuerte oposición de las entidades afectadas.

#### Recuadro IV.4

##### **PAGANDO PARA QUE LOS AUTOMOVILISTAS DEJEN EL AUTO EN CASA AL IR AL TRABAJO**

Diversas empresas inglesas están indemnizando a sus empleados para que renuncien al derecho de estacionar en sus terrenos. Los hospitales de Derriford y Southampton, el aeropuerto de Heathrow, las empresas de telecomunicaciones Orange, de Bristol y Vodafone, de Newbury, y las plantas de la farmacéutica Pfizer en Kent y en Reigate tienen este propósito y aplican diferentes esquemas, que van desde un pago único “expropiatorio” del derecho, hasta montos de indemnización diarios, pasando por sumas anuales o mensuales para que los empleados lleguen a su trabajo en un medio diferente al automóvil. Los valores diarios fluctúan entre 2 y 5 libras y los mensuales son del orden de 80 libras. Esta medida es conveniente para las empresas, porque proveer el espacio les resulta mucho más caro, especialmente si deciden ampliar las instalaciones en su terreno o deciden mudarse.

Mayor éxito han tenido los esquemas más flexibles, que suponen pago por cada día de no uso del estacionamiento, llegándose a más de un tercio del personal que deja su auto en casa; la contrapartida es que son más costosos de administrar. Por el contrario, ha habido pocos interesados para el caso de períodos prolongados. La medida podría ser aún más efectiva si se logra la exención de impuestos a la renta que normalmente afectarían a esos pagos. Acciones complementarias que han ayudado, han sido el establecimiento de recorridos de minibuses, subsidios para el uso de transporte público, facilidades para ciclistas y una base de datos orientada al uso compartido del automóvil.

En Santa Mónica, California, se ha puesto en práctica una ley estatal de 1992, que obliga a las empresas de más de 50 empleados, ubicadas en el área costera sur, a ofrecer a sus empleados a quienes se proporciona estacionamiento gratuito o subsidiado, una compensación por dejar de usarlo. Se aplica a los estacionamientos rentados fuera del recinto de la empresa, debiendo la compensación ser igual al monto cubierto antes por ésta. Una ley de 1998 declaró estos pagos libres de impuestos, tanto para las empresas como para los empleados que los recibieran. Los trabajadores pueden rechazar la oferta y continuar usando el estacionamiento provisto por la empresa, o aceptarla y viajar en otros medios o estacionar por su cuenta. Esta medida ha sido útil para reducir los niveles de tránsito y las emisiones.

**Fuente:** M. Enoch, “UK parking cash out experience, and lessons from California”, *Traffic Engineering + Control (TEC)*, vol. 43, N° 5, Londres, mayo de 2002.

### **c) Estacionamientos en proyectos inmobiliarios**

Los estacionamientos en proyectos inmobiliarios de carácter residencial son imprescindibles y deben constituir una dotación apropiada para que los vehículos no queden en la calle. Sin embargo, hay que asegurar que no se produzcan atochamientos en sus accesos, lo que debe ser causal de un diseño adecuado.

## **6. Estacionamientos de transbordo**

Otra posibilidad para disminuir la congestión está dada por el uso combinado del automóvil en sectores no congestionados y de transporte público en el resto del recorrido; así, se procura que el automóvil sea usado sólo en aquella parte del recorrido en que los costos experimentados por el usuario no difieran manifiestamente de los sociales. Requisito para esta modalidad es la provisión de sitios de estacionamiento intermedio. El esquema del viaje sería el siguiente (OCDE, 1981):

- trayecto en auto particular en las zonas alejadas, donde hay escaso o no hay transporte público, por ejemplo, debido a que la recaudación no cubriría los gastos de explotación por motivos de distancia y bajo índice de ocupación;
- estacionamiento del auto fuera del centro urbano, cerca de una estación o parada de transporte público, y
- utilización de alguna forma de transporte público para llegar al centro, mediante un servicio apropiado y fiable, ojalá más rápido que el auto particular, evitándose la necesidad de buscar un sitio donde estacionar en el centro.

El éxito de un sistema de estacionamientos de transbordo depende de diversos factores, que se resumen a continuación (OCDE, 1981):

- deben estar bien situados junto a líneas de transporte público de alta calidad, buena frecuencia, comodidad, rapidez y capacidad suficiente;
- deben ser claramente accesibles, incluso por quienes no estén familiarizados con la red vial;
- su capacidad de entrada y salida debe ser suficiente durante las horas punta;
- debe haber una alta probabilidad de encontrar una plaza libre, pues la búsqueda prolongada puede impulsar al automovilista que se dirige al trabajo a seguir el viaje en automóvil;
- el trayecto a pie desde la zona de estacionamiento al paradero de transporte público debe ser corto y, en lo posible, cubierto;
- las tarifas del estacionamiento y el transporte público deberán ser convenientes en comparación con el costo de hacer el viaje completo en auto;

- debe asegurarse al usuario que su vehículo no corra riesgos de robo o vandalismo, y
- el sistema de estacionamiento de transbordo debe ser objeto de información en la vía pública y de campañas publicitarias de promoción.

Recuadro IV.5

#### ESTACIONAMIENTOS DE TRANSBORDO EN LOS ESTADOS UNIDOS

En muchas zonas urbanas de los Estados Unidos se han habilitado estacionamientos de transbordo, como es el caso de Baltimore, Boston, Hartford, Portland, Seattle y Washington, D.C.

La región de Baltimore dispone de siete instalaciones de uso gratuito, que totalizan 1 770 plazas servidas por líneas de autobús expreso o local. Los estacionamientos de transbordo de la región de Boston están enlazados con transportes colectivos rápidos (autobús expreso o tren), para los viajes al trabajo.

Las regiones de Hartford y Portland cuentan con numerosos estacionamientos de transbordo. En Hartford existen unas 30 instalaciones que disponen de servicio de autobús expreso y otras 84 previstas para utilizar el sistema de auto compartido. En Portland existen 73 estacionamientos gratuitos, con servicio de transporte colectivo. La TriMet, autoridad responsable del transporte colectivo, no es propietaria de ninguno de ellos, sino que emplea espacios puestos a su disposición gratuitamente por iglesias, centros comerciales y municipios suburbanos.

Seattle dispone de 6 estacionamientos de transbordo permanentes, de propiedad del metro, y de 15 a tiempo parcial, estos últimos facilitados por centros comerciales o iglesias. Todas las instalaciones, que son gratuitas, cuentan con líneas de transporte colectivo.

Washington, D.C., cuenta con tres estacionamientos de transbordo, con servicio de autobús, y seis en las cercanías de estaciones del metro. El uso es pagado.

**Fuente:** Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), *Evaluación de sistemas de estacionamiento*, Madrid, Grupo de Investigación Vial, 1981.

## 7. Ventajas y desventajas del control de estacionamientos

El control del estacionamiento es una de las muchas herramientas con que se cuenta para combatir la congestión vehicular. A continuación se hacen breves comentarios sobre sus ventajas y desventajas.

### a) Ventajas

*La medida alcanza ciertos resultados*

Ya sea que se prohíba el estacionamiento, o se aumente el costo privado de aparcar en determinados lugares, o se facilite el transbordo del auto al

transporte público, se logra un cierto grado de descongestión en las avenidas principales y zonas céntricas, pues se genera más espacio en las vías para el desplazamiento y en las horas punta se producen transferencias del auto al transporte público o se difieren viajes para fuera de dicho período. Los resultados comprenden aumentos de la velocidad media de circulación, con la consiguiente baja de tiempos de viaje y costos de operación. Estos resultados han sido observados en muchas ciudades que aplicaron la medida.

#### *Menores emisiones de gases tóxicos*

Debido a las mayores velocidades de circulación, se reducen las emisiones totales de gases tóxicos, con lo que se contribuye a mejorar el ambiente.

#### *Costos de implantación*

Los costos de implantación de la prohibición de estacionar son relativamente menores –información al público, señalización, fiscalización–, salvo que haya que indemnizar a entidades por derechos adquiridos contractualmente como es el caso de estacionamientos concesionados que no puedan utilizarse durante determinados períodos.

Si se trata de construcción de estacionamientos, los costos pueden ser moderados si son de superficie, pero muy altos si son subterráneos o en edificios. La ventaja es que pueden ser financiados por el sector privado mediante sistemas de concesión.

#### *Asunción de costos de congestión por parte de quienes los causan*

El cobro del estacionamiento refleja el sano principio económico de hacer percibir los costos impuestos a la sociedad, sea el costo de su implantación, el valor del suelo asignado o la congestión causada directamente por el estrechamiento de la calzada útil o la indirecta por circular en auto en horas punta.

#### *Señal que contiene la expansión de la ciudad*

Las restricciones al estacionamiento en zonas céntricas durante las horas punta son una señal positiva que tiende a contener el desarrollo explosivo de la ciudad. En efecto, si al ir al trabajo es difícil o imposible encontrar estacionamiento, habrá que aceptar la utilización del transporte público o se deseará vivir relativamente cerca de la ocupación, lo que puede contrarrestar en más de alguien el potencial deseo de vivir en los suburbios. Una urbe más compacta tiene menos costos de urbanización, transporte y servicios en general.

## **b) Desventajas**

### *Lucha contra costumbres y aspiraciones*

Una fuerte aspiración de la gente es poder desplazarse en automóvil y las restricciones al estacionamiento la dificultan, especialmente en horas punta. Esto puede generar un cierto grado de resistencia, que será tanto mayor cuanto más extensa sea la aplicación de la medida, especialmente si las empresas y el comercio ven amenazado el acceso a sus instalaciones. La oposición puede provenir también, por el mismo motivo, de autoridades municipales.

¿Qué factores despiertan resistencia al control de estacionamiento?

### *Hay que resolver los problemas de los residentes de la zona con restricciones de estacionamiento*

Los residentes en la zona con restricciones de estacionamiento deben poder acceder a su vivienda, por lo que hay que diseñar un sistema para esos efectos, lo que puede dar ocasión a aprovechamiento indebido por parte de terceros.

### *Pérdida de derechos adquiridos*

En la medida en que se afecten derechos comerciales adquiridos, es necesario indemnizarlos en el monto del perjuicio, por ejemplo, si se afecta la explotación de estacionamientos en modalidad comercial o por concesión.

### *¿Muerte del centro?*

Medidas radicales de restricción de estacionamiento, sobre todo en el centro, podrían amenazar su vitalidad. Es necesario contar en toda la ciudad con sitios de aparcamiento razonablemente apropiados para el desarrollo de las distintas actividades. Al diseñar las diversas dotaciones, hay que asegurar i) la accesibilidad de las zonas céntricas, ii) que no se ahoguen las actividades en las zonas con restricción de estacionamiento, y iii) que se resguarde la calidad del entorno. Lamentablemente, los estudios y resultados de análisis con modelos efectuados hasta la fecha no son concluyentes respecto de la magnitud del impacto que puede tener la limitación de sitios de parqueo sobre la actividad empresarial y comercial y el empleo en el centro. Sin embargo, como alguna relación parece existir, siempre deberían disponerse medidas complementarias compensatorias en el campo del transporte público (Still y Simmonds, 2000).

## C. ESCALONAMIENTO DE HORARIOS

Los volúmenes de tránsito tienen marcados períodos punta, en los que se concentra gran número de viajes. Generalmente, ello se debe a que al comienzo del día se produce el inicio de gran cantidad de actividades, lo que induce a muchas personas a desplazarse en forma casi simultánea a su sitio de trabajo o estudio. Un fenómeno parecido, aunque menos acentuado, se produce en la tarde al concluir el período laboral y comercial. En consecuencia, la congestión se puede aliviar en la medida en que sea factible repartir los inicios de las diferentes jornadas a lo largo de un período más extenso.

### 1. Descripción de la medida

El escalonamiento de horarios consiste en establecer distintas horas de entrada y salida para las diferentes actividades que existen en las grandes ciudades, tales como trabajo, comercio, colegios, universidades, y otras, de modo que cada actividad tenga un comienzo desfasado en relación con las otras.

¿En qué consiste el escalonamiento de horarios?

Lo que se pretende con esta medida es evitar que las horas punta sean muy marcadas, puesto que los viajes se repartirían en un período más extendido. De esa forma, se distribuye en el tiempo la demanda por el sistema vial, estando las calles menos congestionadas. Como es obvio, los mejores resultados se conseguirían si se lograra distribuir en un mayor lapso los viajes de las horas punta.

La reorganización que se pueda hacer de los horarios depende directamente del funcionamiento de las actividades en cada ciudad; en todo caso, debe cautelarse no interferir en el normal funcionamiento de las actividades afectas a modificación. Cada ciudad tiene una actividad comercial distinta, un sistema educacional que puede o no estar distribuido espacialmente en forma homogénea y una cultura que puede o no facilitar la aplicación de esta medida.

Hay una tendencia a que la entrada a los colegios sea anterior a la del trabajo en general, dado el deseo de muchos padres de pasar a dejar a sus hijos en camino a sus obligaciones laborales. La educación superior, el comercio y buena parte de las actividades privadas parecen disponer de mayor flexibilidad de horario.

¿Qué cambios y adaptaciones son factibles?

Una opción cierta es diferenciar las horas de entrada de distintos ámbitos laborales, como el sector público, el privado, los bancos y la construcción. A veces esto se logra espontáneamente, pues la construcción suele comenzar apenas despunta el sol. A su vez, el sector público puede adelantar o atrasar su comienzo, dependiendo de la idiosincracia nacional o del número de horas

que incluya la jornada –si es de seis horas, es factible desarrollarla íntegramente antes de almuerzo. La banca a distancia, posibilitada por Internet, hace menos perentoria la necesidad de abrir muy temprano.

Otra posibilidad es estimular que dentro de una empresa, la jornada laboral sea flexible para todos aquellos que resulte factible. En otras palabras, cada trabajador elegiría su hora de entrada y de salida, respetando el número total de horas de trabajo y determinados períodos en que obligatoriamente todos deberían estar en sus puestos, para poder desarrollar consultas u otras actividades en común. El teletrabajo, aprovechando las modernas técnicas de comunicación: Internet, correo electrónico, y otros, puede ayudar también a la dispersión de horarios. De todos modos, hay que reconocer que el sector privado se presta más para este tipo de innovaciones.

Algunos estudios de caso muestran la validez del escalonamiento de horarios como instrumento contra la congestión (Fernandes, 1985).

## **2. Casos de aplicación**

Durante la segunda guerra mundial, en Filadelfia y otras ciudades norteamericanas hubo una experiencia pionera al implantarse el escalonamiento de horarios, que logró aliviar la demanda de viajes en transporte público al centro de negocios durante las horas punta (Fernandes, 1985).

Diversas ciudades de los Estados Unidos, así como Toronto y Ottawa (Canadá) y París (Francia), han implantado esquemas que han sido evaluados positivamente desde diversos puntos de vista, tales como disminución de número de viajes en las horas punta, disminución de tiempos de viaje y mayor confort en el transporte público (Fernandes, 1985).

En numerosas empresas de países desarrollados, incluidas ciertas oficinas públicas, existe la flexibilidad del horario laboral que cada trabajador ejerce en forma voluntaria; la condición es estar en el lugar de trabajo un cierto horario parcial, que es el mismo para todos. De hecho, muchos trabajadores acomodan su viaje fuera de la hora punta de la mañana, ya sea antes o después de ella.

Varias ciudades de Brasil han aplicado sistemas de escalonamiento horario, entre las que se encuentran Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Recife y Curitiba. Los resultados reportan disminución de número de viajes en las horas más congestionadas, reducción de consumo de combustibles y aumento de las velocidades del transporte público (Fernandes, 1985).

En Ciudad de Guatemala, en 1996 se postergó para las 9 AM el inicio de la jornada laboral del sector público, incluyendo el municipal. Como los colegios inician las clases a partir de las 7 horas, la medida tuvo un notorio efecto descongestionante.

En Santiago, Chile, los horarios se han ido diferenciando paulatinamente, en algunos casos en forma espontánea. Es así que la construcción se inicia aproximadamente a las 7 horas, las fábricas a las 8 horas, los colegios entre 8 y 8:30, la administración pública a las 8:30, los bancos a las 9, el sector privado entre 9 y 9:30, y el comercio de 9:30 en adelante. La jornada de los bancos está determinada obligatoriamente; la del comercio también lo fue hace unas décadas, fijándose el inicio a las 10 AM; sin embargo, una vez liberado el horario, la apertura se adelantó escasamente, pues no hay costumbre de comprar a primera hora.

Por otro parte, en Santiago se está generando una complicación, pues en los colegios sostenidos públicamente está en marcha el cambio de doble jornada (distintos contingentes de alumnos van a clases en la mañana y en la tarde), por uno de completa, por lo que muchos que se desplazan en la tarde, fuera de hora punta, tendrán que hacerlo en la mañana, con la consiguiente sobrecarga del transporte público. Un estudio (MIDEPLAN, 1998b) identifica estos impactos sobre el sistema de transporte urbano. Una de las líneas de acción propuesta para contrarrestarlo es la aplicación de horarios diferidos para distintos colegios, de modo de evitar la presión de muchos viajes adicionales en el período punta.

### 3. Ventajas y desventajas

#### a) Ventajas

*La medida logra ciertos resultados*

Es obvio que se logra una punta más extendida en el tiempo y, por lo tanto, una baja en los niveles de tránsito durante la hora más intensa, lo que significa menores tiempos de viaje y de costos de operación vehicular.

¿Tiene impacto real el escalonamiento de horarios?

*Bajos costos de puesta en marcha*

La medida per se no tiene un costo relevante de puesta en marcha, aunque sí puede haber costos debido al necesario ajuste a los nuevos horarios de actividades.

*Posibilidad de mantener hábitos modales*

Los usuarios tienen la opción de seguir desplazándose en el modo de su predilección.

*Ahorro en flota de transporte público*

Un horario de punta más extendido permite atender la misma cantidad total de pasajeros con menor cantidad de buses, por cuanto la densidad de viajes es menor.

## **b) Desventajas**

### *Costos del ajuste a los nuevos horarios*

El necesario ajuste a los nuevos horarios de actividades puede significar pérdidas de productividad transitorias.

### *Aumento de viajes producto de los cambios de horario*

Posiblemente aparezcan viajes adicionales, debido a que el desfase puede dificultar una combinación que antes era factible. Es el caso típico de llevar a los hijos al colegio, para enseguida continuar al lugar de trabajo, lo que eventualmente podría no ser realizable, sino implicar un retorno intermedio al hogar.

### *Cambio de hábitos*

El cambio de hábitos es un inconveniente al menos de orden subjetivo, pues supone reacomodar las actividades, lo que toma un tiempo para alcanzar un nuevo orden.

### *Medida difícil de imponer*

En el caso del sector privado, es escasa la posibilidad que tienen las autoridades de obligar a mantener un determinado horario de actividades.

## **D. RESTRICCIÓN VEHICULAR**

Dado que la congestión se produce por la presencia de muchos automóviles circulando, ha surgido la idea de aminorar la congestión mediante la prohibición de circular, aplicable a una parte del parque existente, sin afectar el derecho de comprar vehículos.

### **1. Descripción de la medida**

La restricción vehicular consiste en prohibir la circulación de una parte de los vehículos en determinadas zonas y lapsos de tiempo, los días lunes a viernes. Esta medida se ha aplicado para reducir la congestión o la contaminación ambiental; por consiguiente, según sea lo que se persigue, deberían ser diferentes sus modalidades de aplicación. El enfoque aquí es el de enfrentar la congestión por la vía de evitar la circulación de cierto número de vehículos en la zona restringida, aunque por contraste hay referencias al control de la polución.

¿Qué es la restricción vehicular?

### a) ¿A quiénes restringir?

La obtención de resultados apreciables en cuanto a reducción de la congestión implica aplicar la prohibición a una fracción importante del parque vehicular, la que debe ser rotativa a lo largo de la semana. Habitualmente se ha optado por imponerla de lunes a viernes al 20% de los vehículos restringibles, aunque en condiciones de alta contaminación ambiental se puede superar esta proporción.

La prohibición puede abarcar todo tipo de vehículos en forma pareja o bien exceptuar a algunos. Primordialmente sufren la restricción los vehículos de transporte particular: automóviles, incluyendo todo tipo de taxis, y camionetas.

¿Qué tipos de vehículos serían restringidos?

Por otra parte, es usual que se prohíba la circulación de camiones y otros vehículos de carga en zonas céntricas en las horas punta, además de establecer horarios especiales para las faenas de carga y descarga.

No tiene sentido prohibir la circulación de buses, a menos que se trate también de combatir la contaminación, pues son precisamente ellos los que menos congestionan por pasajero transportado y constituyen una importante opción en el caso de tener que dejar guardado el auto propio. Por la misma causa, tampoco debería afectarse al transporte escolar, que en muchas ciudades es ofrecido por minibuses. Los taxis colectivos transportan relativamente pocos pasajeros como para justificar su exención, además de que si ella existiera, habría una presión para transformar masivamente los taxis individuales en colectivos.

### b) Formas de materializar la restricción

Una opción simple es imponerla en función del último dígito de la placa patente. La prohibición diaria de circular de dos dígitos, restringe al 20% y permite abarcarlos a todos en un ciclo de lunes a viernes. Otras fórmulas permiten restringir una fracción mayor o menor. Es conveniente mantener el turno de restricción por períodos prolongados, posiblemente varios meses, para evitar en los usuarios la confusión que provocan los cambios frecuentes. Sin embargo, la permanencia prolongada perjudica a quienes les toca los viernes, día en que muchos desean salir de la ciudad, razón por la que debe haber cambios cada cierto tiempo.

Otra posibilidad, más cercana a los mecanismos de mercado, es discriminar por medio del permiso de circulación o tasa de rodaje. En las ciudades en que se pretenda implantar se cobraría una tasa adicional, que sería de un valor elevado para quienes deseen quedar exentos de la restricción, de valores decrecientes para restricción, por ejemplo, de uno o dos días a la semana, y nulo para restricción continua de lunes a viernes. Los montos se fijarían en niveles que permitan reducir la circulación en la proporción deseada.

La diferenciación se haría mediante sellos pegados en el parabrisas, de distintos colores y características. Por cierto que es posible el mecanismo inverso de rebajar el valor del permiso anual en distintos montos, en función de los días semanales de restricción. En todo caso, debe aceptarse que la fiscalización es más compleja que en el caso de tener que considerar sólo el último dígito.

### **c) Sectores de la ciudad con restricción**

Esta medida debería abarcar a todos los sectores de la ciudad en que haya congestión, la que generalmente existe en las zonas céntricas y diversas avenidas importantes. La restricción debería limitarse a ellas, aunque por razones prácticas y de simplicidad suele aplicarse a la mayor parte de la ciudad, dentro de un perímetro establecido. Aplicar la restricción a la ciudad completa sólo se justificaría por razones ambientales.

### **d) Períodos de vigencia**

La restricción habría que aplicarla en los momentos de congestión, vale decir, en las horas punta, especialmente la de la mañana. Si muchos automovilistas optaran por ir al trabajo en un modo diferente, es menos probable que usen su vehículo en la hora punta de la tarde, lo que la aliviaría automáticamente.

La restricción se ha aplicado durante el día completo, excluyendo la noche. Su aplicación durante las horas valle (períodos fuera de punta) del día tendría justificación por razones ambientales, no así desde el punto de vista de la congestión.

Durante los feriados, así como en el período del año en que baja notablemente el tránsito urbano a causa de las vacaciones, obviamente debería suspenderse la restricción vehicular.

## **2. Efectividad de la restricción**

No cabe duda que la prohibición de circular puede tener un impacto en los niveles de tránsito en el corto plazo, pues equivale a que el parque vehicular sea virtualmente menor que el efectivo.

¿Qué efectividad tiene la restricción vehicular?

Sin embargo, a mediano plazo su eficacia disminuye. La alta tasa de adquisición de vehículos observada en América Latina en la última década hace que en tres o cuatro años la dotación de vehículos pueda crecer en 20%, anulando en la práctica los efectos propuestos con la restricción. Una presión adicional al crecimiento y, de paso, al envejecimiento del parque, proviene del hecho de que quienes pueden, tienen el incentivo de comprar un segundo vehículo, posiblemente de mayor antigüedad, para eludir la restricción, especialmente si ésta se aplica por días completos.

### 3. Casos de aplicación

La restricción vehicular, como medida contra la congestión, se aplicó en Buenos Aires, Argentina, en los años setenta, en que no podían ingresar a la zona céntrica la mitad de los vehículos, según el último dígito de la placa patente, par o impar. Se empleó también en Caracas, Venezuela, en los años ochenta.

Igual prohibición se impuso a la mitad de los vehículos en Atenas, Grecia, entre los años 1985 y 1991. La evaluación no arrojó buenos resultados, pues el parque vehicular sufrió envejecimiento, ya que muchos usuarios compraron un segundo vehículo. Por otra parte, aumentó la circulación de motos, cuya contaminación ha probado ser más grave que la del automóvil. También se produjo una degradación del acatamiento (MINTRATEL, 1995).

En Managua, Nicaragua, a partir de 2001 se aplica una restricción a la circulación de la mitad del parque de taxis, para evitar la congestión que causa el exceso de vehículos existentes. Los que tienen placas pares circulan entre las 6 y 14 horas, en tanto que las impares pueden hacerlo entre las 14 y las 22 horas.<sup>1</sup>

Recuadro IV.6

#### EN BOGOTÁ DIVERSAS INICIATIVAS RESTRINGEN EL USO DEL AUTOMÓVIL Y FAVORECEN ALTERNATIVAS

En Bogotá, Colombia, se aplica desde 1998 el programa denominado "Pico y placa", que consiste en la restricción de cuatro dígitos diarios de lunes a viernes, sólo durante las horas punta de la mañana (07:00 a 10:30 horas) y de la tarde (17:30 a 19:30 horas). La velocidad de circulación ha aumentado en 43%, el consumo de combustibles ha caído en 8% y la contaminación del aire, disminuido en 11%.

Cabe mencionar que se están tomando varias otras medidas para favorecer la circulación a pie (recuperación de aceras, muchas veces invadidas por automóviles estacionados) y en bicicleta (red de ciclovías), además de una red de transporte público de alta capacidad en buses que circulan por vías especiales, denominada Transmilenio.

Además, se han adoptado medidas que incentivan no usar el automóvil particular. Durante siete horas los días domingo, se cierran al tránsito automotor 150 kilómetros de vías, para usarlos como ciclovías. El primer jueves de febrero, entre las 06:30 y las 19:30 horas, se celebra el "día sin carro", en el que, como indica su nombre, se invita a no usar el auto, propuesta que ha contado con un alto grado de aceptación.

**Fuente:** A. Hernández, "Bogotá, una ciudad vivible", ([http://www.cepal.org/Transporte/noticias/8/9178/Bogot\\_viv.doc](http://www.cepal.org/Transporte/noticias/8/9178/Bogot_viv.doc)), marzo de 2002.

<sup>1</sup> Diario *La Prensa* de Managua, 17 de noviembre, 2000.

Recuadro IV.7  
**UN PROYECTO DE CIUDADANÍA EN SÃO PAULO**

A partir de 1995, se han realizado diversas experiencias de restricción vehicular en la región metropolitana de São Paulo, Brasil. Primero se aplicó la restricción vehicular en forma voluntaria durante una semana; la Secretaría Estatal del Medio Ambiente sugirió dejar el automóvil en casa, tocándole cada día a dos dígitos finales de la placa patente. Los dos primeros días, la adhesión fue relativamente elevada: cerca del 50%, cayendo los días siguientes; la media general fue de 38%.

En 1996, la restricción se hizo obligatoria (ley estatal 9.358), imponiendo a los infractores una multa de 100 reales. Este esquema funcionó del 5 y al 30 de agosto, entre las 7 de la mañana y las 20 horas. El respeto a la restricción fluctuó en torno del 95%. Se estima que en el período de aplicación, las emisiones de monóxido de carbono se redujeron en 1 171 toneladas y se economizaron 40 millones de litros de combustible. Se observó un aumento de 20 % en la velocidad media del tránsito y una reducción de 40% de la congestión en las horas punta.

Del 23 de junio al 30 de septiembre de 1997 se volvió a aplicar este esquema entre las 07 y 20 horas en toda el área metropolitana de São Paulo, estableciéndose la multa a los infractores en 78.16 reales. El acatamiento fue relativamente alto: 90% en la mañana y 85% en la tarde. En dicho período, las emisiones de monóxido de carbono bajaron en 42 460 toneladas y las de material particulado en 200 toneladas.

A contar de octubre de 1997, la restricción se aplicó sólo en la zona central de la ciudad, en los períodos punta de la mañana y de la tarde (07 a 10 y 17 a 20 horas respectivamente). Estudios realizados sobre los impactos de esta restricción, entre octubre de 1997 y mayo de 1998, concluyeron que:

- entre las 7 y 20 horas se redujo la congestión en 18%;
- la reducción de la congestión fue de 37% en la hora punta de la mañana y de 26% en la de la tarde;
- la velocidad media, en una transitada avenida de la ciudad usada como referencia, aumentó un 23% en la punta de la mañana y un 24% en la de la tarde;
- se estimó el beneficio del programa en 2 millones 570 mil dólares por día de operación, de los que el 78% corresponde a ahorros de tiempo y 10% a reducción de consumo de combustibles.

Esta iniciativa ha sido promocionada y asumida como un proyecto de ciudadanía, mediante el cual todos hacen su aporte a la lucha contra la congestión.

**Fuente:** Información proporcionada por Eduardo Vasconcellos, *Associação Nacional de Transportes Públicos* (ANTP) de Brasil.

Otro caso de aplicación, orientado a combatir la polución del aire, es el de México, D.F., cuyos vehículos están dentro de un programa permanente de restricción vehicular. Diariamente, de lunes a viernes, entre las 05:00 y 22:00 horas, se prohíbe la circulación de vehículos según los dos últimos dígitos de la placa, quedando cada vehículo sin circular un día por semana. En casos de alta polución se aplica la restricción a la mitad de los vehículos (placas pares o nones). Estudios indican que los impactos negativos de esta medida son mayores que los positivos, entre otras causas, debido a la adquisición de un segundo vehículo, de modo que muchos, en la práctica, terminan no siendo afectados por la restricción. Evidencias indirectas sugieren también que la polución ambiental se ha exacerbado debido a la restricción (Tovar, 1995).

Recuadro IV.8  
**RESTRICCIÓN VEHICULAR POR RAZONES AMBIENTALES  
 EN SANTIAGO DE CHILE**

La restricción vehicular se ha aplicado desde 1986 en Santiago, Chile, con el objetivo declarado de disminuir la contaminación ambiental provocada por las emisiones de los vehículos motorizados. La polución es más seria en el período más frío del año (de abril a agosto), debido a que por escasez de vientos, la dispersión de los contaminantes se ve dificultada. No obstante, en los años recientes la medida ha regido desde marzo a diciembre, lo que revela su uso también como herramienta para disminuir la congestión.

La restricción rige entre las 06:30 y 20:30 horas en toda la ciudad y áreas adyacentes, de lunes a viernes, considerando cada día dos dígitos finales de la placa de los vehículos livianos, según una tabla que se cambia al cabo de algunos meses. Dentro del perímetro de la avenida de circunvalación, afecta en igual forma a los vehículos de carga. Cuando la contaminación alcanza niveles superiores a los aceptables, se decretan medidas excepcionales de alerta, preemergencia o emergencia, una de cuyas consecuencias es el aumento de los dígitos con prohibición de circular a cuatro, seis y ocho respectivamente; también se establecen ciertas avenidas en que solamente pueden transitar buses, a fin de hacer más rápida su circulación y disminuir sus emisiones.

Originalmente, la restricción básica afectaba sólo a los vehículos sin convertidor catalítico, como una forma de incentivar la adquisición de vehículos que sí lo tienen, y así contribuir a la descontaminación ambiental. Esta medida ha estimulado la reconversión del parque hacia vehículos que emiten menos contaminantes. Sin embargo, a partir de 2001, en preemergencias y emergencias se aplica al 20% y 40% respectivamente de los vehículos con convertidor, sobre la base de que, si bien en mucho menor proporción, también contribuyen a contaminar, especialmente al levantar polvo desde las calles. La identificación de los vehículos se hace mediante un sello verde colocado en el parabrisas, en tanto que los no catalíticos llevan un sello rojo.

**Fuente:** Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, Chile, decretos supremos N° 16 de 1998 y N° 20 de 2001.

#### 4. Ventajas y desventajas

##### a) **Ventajas**

*Es efectiva en el corto plazo*

Las ciudades que la aplicaron han logrado disminuir la congestión en el corto plazo, aunque el efecto se va disipando debido al aumento del parque vehicular y la posible adquisición de un segundo coche. En cambio, si la restricción se aplica mediante un permiso de circulación adicional de costo variable, será más fácil graduar la cantidad de vehículos con derecho a circular. Mientras exista disminución de la congestión, se acortarán los tiempos de viaje, con el consiguiente aumento de las velocidades de circulación.

Un efecto real, pero  
transitorio

#### *Disminución de la contaminación*

Este efecto se nota en el corto plazo, en la medida en que bajen los niveles de tránsito.

#### *Bajos costos de puesta en marcha*

Esta medida requiere un esquema de información y, sobre todo, de fiscalización reforzada, generalmente a cargo de quienes controlan el tránsito.

### **b) Desventajas**

#### *Expropiación de un derecho adquirido por los usuarios*

La restricción vehicular, ya sea por placa patente o por tasa adicional, conlleva el dilema de restringir el derecho a circular, por el cual se ha pagado anualmente en forma expresa. Su suspensión durante períodos preestablecidos equivale a una expropiación y puede conducir a planteamientos de tipo constitucional y legal, y es posible que en algunos países deba dictarse una ley para poder aplicar esta medida. El caso de Chile es emblemático, ya que se aplica oficialmente sobre la base de criterios ambientales, aunque es interpretada por muchos como una medida anticongestión.

#### *Dificultad de fiscalización*

Dados los altos volúmenes de tránsito en los períodos punta, la fiscalización es difícil, máxime si detener un vehículo implica generar congestión. Ello puede estimular el deseo de burlar la disposición, lo que sería contrario a la equidad.

#### *Incremento adicional y envejecimiento del parque automotriz en el mediano plazo*

Sucede en tanto haya quienes puedan adquirir un segundo y hasta un tercer auto, seguramente de bajo costo, para eludir el efecto de la restricción.

## **E. TARIFICACIÓN VIAL**

La congestión de tránsito se debe en parte a la fuerte propensión a usar el automóvil, que se ve reforzada por el hecho de que el usuario individual no percibe los costos que impone a los demás al circular bajo aquellas condiciones. La tarificación vial es una manera de hacer recaer dichos costos en quienes los provocan, de modo que sólo seguirían circulando en automóvil durante las horas punta quienes estén dispuestos a pagar la tarifa, lo que se traduciría en una baja neta de los niveles de tránsito.

## **1. Descripción de la medida**

La tarificación vial consiste en realizar un cobro por circular en o por ingresar a vías o zonas específicas durante períodos en que en ellas existe congestión. La función de la tarifa es hacer percibir a quien circula en la zona congestionada, que su presencia impone un costo adicional a los demás vehículos que están circulando, compuesto por incrementos de tiempos de viaje y de costos de operación, especialmente, combustibles (véase el capítulo II). Normalmente, dicho sobrecosto no es internalizado individualmente y las decisiones de los usuarios obedecen a una visión centrada en los costos propios, que aunque incluyen el efecto de la congestión sobre sí mismos, son menores a los totales.

El resultado es que se producen niveles de tránsito incrementados, que se apartan de lo conveniente a la economía. En la práctica, el precio de transporte percibido en condición de congestión es análogo a que si estuviera subsidiado, sin que para ello exista una razón de índole económica.

Al contrario, en la medida en que cada usuario internalice el sobrecosto que causa, se racionaliza el uso de las vías públicas. En efecto, determinados usuarios no estarán dispuestos a pagar la tarifa de congestión, por lo que buscarán otras opciones, ya sea empleando otros modos de transporte o efectuando el viaje en automóvil en períodos en que no exista cobro.

En teoría, se optimizaría el uso de las calles si pudiese cobrarse en todo momento exactamente el costo adicional –o marginal, de acuerdo a su designación técnica–, y las personas supieran dicho valor para cada una de sus opciones de viaje antes de empezar su desplazamiento, dando como resultado una congestión bajo control.

En consecuencia, la tarificación por congestión es un desincentivo al uso del vehículo personal en las zonas y períodos congestionados. Una interesante particularidad es que el uso de las vías públicas queda regulado mediante un instrumento de mercado y no por medio de una reglamentación impuesta por las autoridades.

La aplicación de esta medida involucra diversos ámbitos de decisión que se comentan a continuación:

### **a) Zonas o vías congestionadas donde aplicar la tarificación**

Idealmente, la tarificación debe aplicarse en cada segmento de vía mientras esté sujeto a algún grado congestión y sólo allí. No tiene sentido económico hacerlo en otras partes, lo que por lo demás disminuiría el bienestar general de la sociedad. El problema es que no existen aún tecnologías de costo y efectividad adecuadas para ello, aunque en Holanda y el Reino Unido existe el propósito de desarrollarlas (véase el recuadro IV.9).

En la práctica, las tecnologías actualmente disponibles limitan la aplicación de la tarificación a zonas o calles específicas. Bajo la primera

modalidad, se cobra la tarifa por entrar a áreas definidas como congestionadas o circular en cualquier calle de ella; bajo la segunda, por transitar en calles individuales que sean catalogadas como congestionadas. A fin de evitar la arbitrariedad, deben definirse y darse a conocer las características que deben prevalecer para considerar que existe congestión y delimitar zonas y calles donde hacer el cobro.

El problema con estos esquemas consiste en lo que sucede en los márgenes físicos o temporales de las áreas tarifadas. Es fácil imaginar que las calles próximas, aunque su diseño no esté preparado para ello, tengan niveles de tránsito superiores a los normales, llegando incluso a congestionarse, con un aumento del riesgo de accidentes. Lo mismo sucedería inmediatamente antes o después del período tarifado. Con ello se estaría transfiriendo al menos parte de la congestión a zonas o períodos que estaban libres.

#### **b) Períodos en que se efectúa la tarificación**

La tarificación debe abarcar los períodos en que exista congestión, lo que sucede por lo general en las horas punta. Habitualmente, la hora punta de la mañana suele ser la más congestionada; por ello, es posible que la medida resulte suficientemente efectiva si se aplica sólo en este período, pues muchos dejarían de ir al trabajo en automóvil, con lo que automáticamente se aliviaría la hora punta de la tarde. Si la congestión permanece por períodos mayores, la tarificación podría extenderse más allá de las horas punta.

#### **c) Tipos de vehículos sujetos a tarificación**

Aparentemente, sería necesario someter a tarificación a todos los vehículos, pues, aunque en distinto grado, todos contribuyen a la congestión. Sin embargo, los principales causantes de congestión, en relación al número de pasajeros transportados, son los automóviles, por lo que es aceptable aplicar la medida sólo a ellos.

#### **d) El valor de la tarifa**

Las tarifas pueden aplicarse en función de la distancia recorrida, del tiempo empleado, de la congestión generada en la zona o vía tarifada, o simplemente por el hecho de ingresar a ellas. La tarifa socialmente óptima es aquella que es igual a los costos adicionales en que el vehículo que ingresa al flujo hace incurrir a los demás que ya están circulando. Técnicamente ello implica aumentar los costos privados de circulación en la vía congestionada, hasta igualarlos con los sociales.

¿Qué considerar al fijar las tarifas de congestión?

Como el grado de congestión es variable a lo largo del tiempo, incluso dentro de las horas punta, en estricto rigor habría que tener una tarifa variable, con el consiguiente sistema de información a los usuarios para que tomaran

conocimiento de ella en cualquier momento. Sin descartar que algún día la tecnología pueda ofrecer un mecanismo capaz de materializar este aspecto teórico, actualmente hay que conformarse con fijar tarifas que reflejen lo más adecuadamente posible la congestión creada y avisarlas con anticipación para que nadie se sienta engañado. Este es un escenario del tipo denominado *second best* o “segundo mejor”.

#### **e) Tecnología utilizada para cobrar**

Las tecnologías para el cobro de tarifas viales o peajes han experimentado un fuerte desarrollo en los últimos años. Actualmente, existen varios sistemas de cobro aplicables a vías urbanas, que se pueden clasificar en los siguientes esquemas:

##### *Sistema manual*

Éste consiste esencialmente en el uso de una tarjeta adherida al parabrisas de los vehículos que quieran circular en los sectores sujetos a tarificación, que podría ser adquirida en diversos lugares de expendio. El costo de implantación de este esquema es moderado, aunque tiene el inconveniente de una tasa de evasión potencialmente alta; además, requiere mucho personal de fiscalización, pues debería ejercerse un control visual en muchos puntos, con el problema práctico de registrar efectivamente a todos los infractores.

El pago en estaciones similares a las del peaje tradicional es inaceptable en zonas urbanas, pues provocaría una gran congestión en los puntos de cobro.

##### *Sistema electrónico*

El sistema electrónico consiste en el cobro automatizado de la tarifa al pasar por cada lugar tarificado. Para los efectos señalados, en cada vehículo debe instalarse un equipo denominado *transponder* o *tag*, que es captado por antenas ubicadas en los puntos de cobro (Pérez, 2001). Existen básicamente dos modalidades:

- *Transponder* que identifica al usuario; el cobro se efectúa mediante cuenta enviada periódicamente al interesado o es cargado a una cuenta previamente identificada por éste. Este sistema se conoce también como “peaje de segunda generación”, en contraposición al cobro en estaciones tradicionales. Tiene el inconveniente de que identifica en qué momento un usuario pasó por un determinado lugar, lo que podría considerarse una invasión de la privacidad.
- *Transponder* que incluye una tarjeta valorizada prepagada, desde la que se realiza el cobro, descontando en cada lugar el valor correspondiente. Se conoce también como “peaje de tercera generación”. Si bien es cierto que es de una tecnología más compleja, permite resguardar la identidad del usuario siempre que la tarjeta incluida en el *transponder* tenga saldo suficiente.

Los sistemas electrónicos deben incluir, para su correcto funcionamiento, varios subsistemas, entre los que se cuentan:

- detección y clasificación de vehículos: debe ser capaz de identificar a los vehículos sujetos a pago y los que están exentos; asimismo, debe poder manejar simultáneamente todos los carriles de circulación y, en caso contrario, encauzar oportunamente el tránsito en carriles segregados;
- avisos al conductor de la existencia de próximo cobro;
- materialización del cobro propiamente tal de la tarifa;
- identificación de los infractores: normalmente se efectúa tomando una fotografía de la placa del vehículo sospechoso (por no tener *transponder* o saldo en su tarjeta u otra causa);
- comunicación antena –transponder y antena– computador de control;
- administración, que incluye la facturación o el cobro y la denuncia de los infractores.

#### Recuadro IV.9

##### POSIBLE SISTEMA DE TARIFICACIÓN FUTURO

Recientemente se ha planteado en Holanda y el Reino Unido la necesidad de desarrollar un sistema que permita cobrar, en cualquier ruta y en cualquier momento, los costos que cada vehículo impone al circular, incluyendo los costos de congestión.

En breves palabras, la idea consiste en instalar obligatoriamente en cada vehículo una unidad que permita ubicarlo permanentemente en cualquier lugar en que se encuentre, mediante tecnologías *Global Positioning System* (GPS) o sistema de posicionamiento global, cuyo monitoreo se efectúa por medio de satélites artificiales. El sistema permitiría trazar la ubicación del vehículo en todas las vías, principal o secundaria, urbana o rural. La parte de la tarifa por circular relacionada con la congestión sería variable en función del tipo de vía y su nivel de tránsito; ésta sería nula en la mayoría de las rutas y también en las principales en horas de tránsito menor.

Se está pensando en dos posibles maneras de efectuar el cobro, que son similares a las descritas para el sistema electrónico.

Este posible sistema futuro es más equitativo puesto que permitiría cobrar en todas las vías, resolviendo así el problema de lo que sucede en los márgenes de los períodos o zonas tarifadas. Sus impulsores proponen también que los ingresos fiscales obtenidos en el sistema de transporte permanezcan constantes, lo que significa que de implantarse, sería necesario reducir de manera consistente los impuestos a los combustibles y los permisos de circulación.

**Fuente:** Revista *World Highways/Routes du Monde*, abril 2002 y proyecto *Road Pricing* de Holanda.

## 2. Resultados esperados de la tarificación

Al cobrar una tarifa por circular en vías urbanas congestionadas se esperan los siguientes resultados principales:

¿Qué resultados se esperan de la tarificación?

- cambios en el modo de transporte, hora y ruta de diversos viajes, lo que se traduciría en menor congestión; en todo caso, es necesario verificar que no se generen impactos negativos, como congestión en sectores o períodos no tarificados, lo que disminuiría en algún grado los beneficios alcanzados;
- disminución de los recursos consumidos en el transporte urbano (costos operacionales de vehículos y tiempos de viaje);
- disminución de la emisión de contaminantes;
- menor estrés por la disminución de los tiempos de viaje y de los atochamientos, y
- generación de recursos monetarios, producto de las tarifas de congestión cobradas, que podrían tener varios destinos como un fondo de transporte urbano, mejoramiento y conservación de las vías, mejoramiento del transporte público y otros.

## 3. Asuntos previos por resolver

La tarificación vial se viene discutiendo desde hace más de tres décadas, sin que existan muchos casos de aplicación. Ha quedado en

¿Qué posibles impactos deben estudiarse preventivamente?

evidencia que es una medida altamente resistida por la población y también por los legisladores. La resistencia se debe a diferentes causas, entre las que se cuentan las dudas que genera en cuanto a sus reales efectos, la equidad en su aplicación, la efectividad de la fiscalización, los temores por el impacto sobre el desarrollo de las zonas tarifcadas, las discrepancias que provoca el destino de los recursos recaudados, la oposición a nuevos impuestos, y otros argumentos. Tampoco es un hecho menor que la tarificación vial por congestión no existe como tal en ninguna ciudad, salvo Singapur, la que tiene muchas características que la hacen muy especial, como es la de tratarse de una país-isla, y tener un gobierno con amplios poderes y una población que acepta gran cantidad de reglas en todo orden de cosas.

Es por ello que, antes de intentar implantarla, debe atenderse a lo menos a las siguientes situaciones:

- el impacto sobre las rutas alternativas a las tarifcadas, muchas de las cuales serían calles locales que podrían no estar diseñadas para recibir elevados volúmenes de tránsito desviado;
- la existencia de opciones de transporte público apropiado como sustituto del vehículo particular;
- el acceso de los residentes en la zona tarifcada;

- los eventuales impactos adversos sobre personas de menores ingresos y en desventaja que se desplazan en autos;
- los intereses del comercio y de las actividades empresariales y educativas en la zona tarifada; éstos deberían considerarse tempranamente en el proceso de planificación, identificando las posibles soluciones con participación de los interesados. Una posibilidad a tener en cuenta es la flexibilización de los horarios de las actividades;
- el destino de la recaudación: hay fuerte resistencia a la creación de nuevos impuestos, por lo que aparentemente los únicos destinos aceptables para los usuarios serían el mejoramiento del transporte público, la inversión en ampliación, rehabilitación, conservación, demarcación y señalización de las calles, el fomento al desarrollo de la ciudad y otros semejantes, pero difícilmente se toleraría el ingreso a rentas generales de la nación, y
- la falta de comprensión de las tecnologías de cobro.

En la medida en que los aspectos señalados reciban una consideración adecuada, tal vez sea posible que aumente eventualmente la aceptación pública. De todos modos, no podrá obviarse un amplio proceso informativo y de convicción pública.

#### **4. Casos de aplicación**

Existen numerosos estudios sobre tarificación vial realizados en diferentes ciudades del mundo desde la década de 1960, pero las aplicaciones reales son pocas. Hasta mediados de 1994, la única aplicación real de tarificación para el control de la congestión fue la de Singapur, puesta en marcha en 1975. La medida tiene la intención de controlar la congestión, pero los valores de tarifa cobrados son muy altos, por lo que se puede inferir que recaudar fondos es un objetivo esencial del sistema.

La congestión en Singapur está bajo control, sobre todo desde que se automatizó la cobranza. Inicialmente el sistema era manual, pero actualmente es electrónico; así, es posible tener una graduación tarifaria, con el fin de evitar la concentración de los viajes en el momento inmediatamente posterior y anterior al período de vigencia de la tarifa mayor.

En Hong Kong se realizó una prueba de tarificación vial, que en definitiva no fue implantada. Una de las principales razones de esto fue la tecnología utilizada; ésta contenía un registro de la ubicación de cada vehículo en cada momento, lo que se estimó una inaceptable invasión a la privacidad de los usuarios. Además, el cobro se efectuaría mediante una cuenta enviada por correo y se temía que hubiese un número elevado de errores. De esta experiencia se puede concluir que la tecnología de tarificación a emplear es un asunto muy importante, ya que una que no otorgue suficiente confianza y aceptación pública puede traducirse en el fracaso de la medida.

Recuadro IV.10  
**COBRO DE PEAJES URBANOS EN NORUEGA**

Las ciudades noruegas de Oslo, Bergen y Trondheim cobran peaje en avenidas que conducen al centro de ellas. El objetivo inicial fue la recaudación de fondos para la inversión en el transporte urbano, especialmente en obras viales. En la ciudad de Trondheim se piensa en perfeccionar el sistema de cobro de tarifas, tanto en el plano geográfico como temporal, con el objetivo de variar las tarifas según período y área. Aunque el objetivo de la tarificación en Trondheim siga siendo recaudar dinero, la manera de hacerlo, diferenciando tarifas según la hora del día, siendo mayores en períodos de alta demanda, aproxima el esquema al concepto de tarificación por congestión. En este caso, para los usuarios que pagan electrónicamente, el ingreso al centro de la ciudad entre las 06:00 y las 10:00 horas cuesta entre 25% y 50% más que entre las 10:00 y 17:00 horas. No se aplican tarifas en otras horas.

Los peajes urbanos de Noruega son una experiencia interesante desde el punto de vista del manejo de la demanda. Hubo un descenso en el número de viajes en automóvil. En Trondheim se observó una reducción de 10% en los períodos tasados y un incremento de 8% en los gratuitos, lo que denota transferencias en el horario de desplazamiento. Las encuestas indican también que numerosas personas se han cambiado a buses.

**Fuente:** Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Universität Basel (WWZ), *The Use of Economic Instruments in Urban Travel Management*, documentos de una conferencia conjunta de OECD, ECMT (European Conference of Ministers of Transport), GVF (Dienst für Gesamtverkehrsfragen de Suiza) y NFP (Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr de Suiza), Basilea, 1992; y European Good Practice Information Service, "Traffic-efficient Trondheim. Road Pricing - The Toll Ring of Trondheim/Norway, *Local Sustainability* (<http://www3.iclei.org/egpis/fgpc-154.html>), 2003.

También se han efectuado estudios para la ciudad de Santiago de Chile mediante el modelo ESTR AUS (véase el capítulo V). Sin embargo, no hay perspectivas de que el Congreso apruebe la ley que permita hacer los cobros.

Recuadro IV.11  
**TARIFICACIÓN VIAL EN LONDRES**

El Reino Unido es el país que más estudios ha realizado sobre tarificación vial, sin que hasta la fecha ningún esquema haya sido implantado. Es posible que la situación cambie en 2003.

Ken Livingstone, alcalde mayor de Londres, ordenó aplicar a contar del 17 de febrero de 2003 una tarifa de 5 libras diarias a quienes ingresen al centro de Londres, de lunes a viernes, entre las 07:00 y las 18:30 horas, cruzando un cordón definido de calles. Esta medida fue anticipada en su campaña electoral. Un intenso cabildeo (*lobby*) ha sido llevado a cabo por quienes se oponen a la medida, pero la demanda judicial para dejarla sin efecto fue rechazada por los tribunales.

Un estudio realizado sobre medidas contra la congestión en Londres (LPAC, 1998) concluyó que la tarificación vial, aplicada en cordón en torno del centro de la ciudad, sería un mecanismo apropiado para reducir el tránsito en el interior de dicha área. Se podrían lograr disminuciones de 8%, 32% y 48%, con tarifas de ingreso de 2, 5 y 10 libras, respectivamente. Estas cifras parecen elevadas y, en la práctica, se espera que el tránsito disminuya entre 10% y 15% en el centro al aplicarse la medida acordada. En la zona externa, sin embargo, los efectos serían limitados, ya que muchos viajes se inician y terminan sin pasar por el centro.

Se esperan ingresos entre 130 y 180 millones de libras anuales, que serán destinados al mejoramiento del transporte público. El sistema se aplicará mediante la venta de derechos de ingreso en locales autorizados. Cada boleto (*ticket*) vendido ingresará a una base de datos en conjunto con la placa del vehículo a que corresponda. La verificación se realizará mediante el registro automatizado de las placas de los vehículos que crucen el cordón, mediante cámaras, confrontándolas con la base de datos.

**Fuente:** London Planning Advisory Committee (LPAC), "Developing Road Traffic Reduction Targets for London", estudio realizado por Halcrow Fox, Londres, diciembre de 1998; y *The Guardian* (<http://www.guardian.co.uk/transport/Story/0,2763,519544,00.html>), 14 de febrero de 2003.

## 5. Ventajas y desventajas

### a) Ventajas

*La medida parece ser efectiva*

Aunque no exista mucha evidencia empírica, la medida parece alcanzar resultados importantes, disminuyendo la cantidad de viajes en automóvil durante las horas punta, y transfiriéndose una cierta proporción de ellos al transporte público. Así al menos lo indican los estudios en modelos, particularmente el efectuado para Santiago de Chile.

¿La tarificación alcanza resultados?

Con menos vehículos circulando bajan los tiempos de viaje, aumentan las velocidades de circulación y bajan los costos de operación vehicular.

Debe tenerse presente que estos efectos se darían en el corto plazo. A mediano y largo plazo los resultados pueden ser distintos.

*Menores emisiones de gases tóxicos*

Al haber menos vehículos circulando y al hacerlo éstos a mayor velocidad con menos detenciones, disminuye la contaminación.

*Internalización de los costos de congestión por parte de quienes los causan*

La tarificación corrige la distorsión económica que significa el hecho de que los usuarios de automóvil no perciben los costos de congestión que imponen a los demás, permitiendo racionalizar el mercado de transporte. La regulación del uso de las vías públicas se efectúa mediante un instrumento de mercado y no por reglamentación impuesta por las autoridades.

*Posible fuente de recursos para proyectos*

La recaudación que se puede obtener implantando esta medida es de una magnitud importante y puede ser destinada a proyectos de mejoramiento del transporte urbano o de desarrollo local.

### b) Desventajas

*Dificultades en la aplicación práctica de la teoría económica (1)*

El cobro de una tarifa de congestión pretende igualar el costo que perciben los usuarios con el costo social de usar las vías públicas, incluyendo el valor de la congestión causada a los demás, y hacer que así la utilización de los vehículos sea la adecuada desde un punto de vista social.

Teóricamente se requiere cobrar en cada vía, en todas partes y en todo momento, el valor de la congestión causada, la que es eminentemente variable, y que además, la tarifa sea conocida permanentemente por los usuarios. De

ese modo, la cantidad de vías tarifcadas, así como los montos cobrados, deberían estar cambiando constantemente. Para ello habría que hacer un monitoreo fino del tránsito prácticamente en cada cuadra de cada calle y en forma dinámica, calcular los costos de congestión y transmitírselos instantáneamente a los usuarios, a la vez que efectuar los cobros pertinentes. Las tecnologías actuales no permiten materializar estas aspiraciones, por lo que la tarifcación sólo sería una aproximación, es decir, un *second best*.

#### *Dificultades en la aplicación práctica de la teoría económica (2) y los efectos de largo plazo*

Aun si en algún momento llegase a ser posible cobrar a cada vehículo los costos adicionales o marginales que impone a la sociedad, queda la duda de cuáles serían los resultados de la tarifcación a largo plazo, ya que hay otros componentes relacionados con el sistema de transporte en los que no rigen los precios marginales. Es el caso del valor de las áreas verdes y terrenos agrícolas que rodean las ciudades. En ausencia de ese tipo de tarifcación, o en subsidio, de controles sobre el uso de la tierra, las ciudades tenderán a expandirse, lo que complica su sostenibilidad a largo plazo (véase también el acápite número 3 de la próxima sección G).

#### *Aumento de la congestión en el entorno de las áreas y períodos tarifcados*

Los usuarios tenderían a evitar el ingreso a las calles o áreas tarifcadas, generando desvíos de tránsito hacia sectores sin cobro, causando posiblemente congestión en ellos. Por otra parte, inmediatamente antes de la entrada en vigencia de un lapso de cobro o de alza de la tarifa, los conductores se apresurarían a ingresar antes de que ello ocurra, con el riesgo de provocar accidentes.

#### *El grado de efectividad de la fiscalización*

Debido a las dificultades prácticas con la fiscalización, los sistemas manuales tienen un potencial alto de evasión, lo que es fuente de inequidad.

Los sistemas electrónicos de cobro tienen un nivel más alto de eficacia, aunque su margen de error actual podría provocar desconfianza si realizan cargos indebidos. Para evitar esta posible reacción, las empresas que cobran peajes carreteros con esta tecnología suelen preferir renunciar al cobro en los casos dudosos. Además, en los sistemas de segunda generación queda registrado el lugar y momento del paso, lo que puede despertar resistencias por la invasión de la privacidad que ello implica.

#### *Costos de puesta en marcha y funcionamiento*

El sistema manual es de un costo relativamente alto y el electrónico, muy elevado. Sin embargo, los ingresos permitirían cubrirlos y generar excedentes. En este sentido, el principal problema del sistema electrónico es financiar la alta inversión inicial.

#### *Resistencia de los usuarios*

Aunque la medida se aprobara, es posible que enfrente una fuerte resistencia de los usuarios, quienes se verían enfrentados a pagar más o a dejar el auto en casa para algunos desplazamientos acostumbrados, con la pérdida de satisfacción, seguridad y confiabilidad que ello significa.

#### *El acceso de los residentes a la zona tarifcada y el valor de las propiedades*

Hay que dar una solución a los residentes de las zonas tarifcadas; si se les cobra, podrían verse impulsados a cambiarse y si se les exceptúa, puede dar origen a aprovechamiento indebido por parte de terceros. Por otra parte, no es claro a priori el efecto sobre el valor de las propiedades.

#### *Los problemas de introducción de tecnologías nuevas*

Descontando el sistema manual, la introducción de la tarificación significa introducir una compleja tecnología de punta, aún en proceso de desarrollo, lo que representa una fuerte dificultad adicional.

#### *Necesidad de crear la institucionalidad gestora del sistema*

La tarificación vial, tanto manual como electrónica, es un complejo sistema que incluye la recaudación de mucho dinero, por lo que se requiere formar el ente que lo gestione. Podría ser una empresa u otra entidad idónea, de carácter público o concesionario privado; en cualquier caso se debe disponer de adecuados sistemas de control.

## **F. AMINORANDO LA CONGESTIÓN SOBRE LA BASE DE LA CONVICCIÓN PERSONAL Y LA REDUCCIÓN DE LA NECESIDAD DE VIAJAR**

### **1. Planificación personalizada de viajes**

Reconociendo el gran atractivo que ejerce el automóvil debido a las ventajas que ofrece, últimamente se han desarrollado y aplicado en ciertos lugares diversos métodos que intentan promover el cambio voluntario y convencido de conducta en relación con su uso. Estos métodos consideran que el cambio es más probable si se presentan a las personas metas que sean consistentes con su escala de valores o representen cambios positivos para sus vidas (Department for Transport, Reino Unido, 2002a y b).

El énfasis está puesto en la identificación de opciones personalizadas de realizar los viajes necesarios en modos diversos al uso individual del automóvil. En el proceso se analizan las posibles alternativas y las ventajas que ellas acarrearán para las personas y la sociedad, aceptando que los cambios de conducta se producen si se aprecia su bondad.

Estos métodos van dirigidos a las personas y por ello representan un esfuerzo diversificado y considerable. Los resultados han sido variados, pero ofrecen esperanzas de cambios de conducta duraderos. Un resumen de los que han sido empleados, junto con una evaluación, se encuentra en Department for Transport, Reino Unido (2002a). En este estudio se distinguen:

- Métodos de ayuda para establecer la mejor forma de realizar viajes específicos, ya sea en automóvil o, preferentemente, en transporte público. Se centran principalmente en los viajes al trabajo, aunque en algunas partes se incluyen viajes con otros propósitos, como búsqueda de empleo, visita a hospitales o a centros de convenciones.
- Métodos que intentan modificar hábitos y actitudes ante los viajes. Algunos han sido registrados como propiedad intelectual, como IndiMark<sup>MR</sup>, TravelSmart<sup>MR</sup>, Travel Blending<sup>MR</sup> y Living Neighbourhoods<sup>MR</sup>. IndiMark<sup>MR</sup> y TravelSmart<sup>MR</sup> se basan en la promoción directa en hogares o vía postal o telefónica del uso de transporte público y modos alternativos al auto. Travel Blending<sup>MR</sup> y Living Neighbourhoods<sup>MR</sup> se aplican a nivel de comunidades o barrios, analizando en profundidad los hábitos de viaje y considerando cómo pueden modificarse. Living Neighbourhoods<sup>MR</sup> aplica Travel Blending<sup>MR</sup>, complementado con otras medidas que dispongan locales que faciliten los cambios.
- Métodos varios, entre los que se cuentan el manejo restrictivo del estacionamiento en entidades privadas (véase el recuadro IV.4 “**Pagando para que los automovilistas dejen el auto en casa al ir al trabajo**”), la educación vial en colegios, campañas públicas que buscan hacer conciencia sobre medios sostenibles de transporte, salud, medio ambiente, y otros, y oficinas de información sobre viajes.

Recuadro IV.12

**TRAVEL BLENDING<sup>MR</sup>, UNA HERRAMIENTA PARA EL CAMBIO DE COMPORTAMIENTO EN TRANSPORTE**

Travel Blending<sup>MR</sup> es una técnica que pretende racionalizar el uso del automóvil, sin cambiar los patrones de actividad de la gente. Mediante una secuencia que incluye el registro detallado de los viajes habituales de las familias, recomendaciones sobre posibles cambios, determinación personal de los cambios beneficiosos factibles, seguimiento y observación, y evaluación final, se procura modificar ciertos hábitos de transporte.

La técnica requiere la participación de asesores especializados que puedan hacer recomendaciones apropiadas en cuanto a pensar y ordenar con anticipación los viajes, armonizar los modos de viaje y armonizar las actividades (tiempo y lugares, para evitar desplazamientos largos). La aplicación es más apropiada dentro de comunidades que comparten actividades semejantes, como empresas, barrios, colegios, y otros. Aunque desde ese punto de vista alcanza a grupos parciales, su efecto en las horas punta puede ser importante. La tabla siguiente resume los resultados de tres experiencias.

**Resultados de aplicación de Travel Blending<sup>MR</sup>**

	Adelaida (Australia) (Porcentajes)	Nottingham (Inglaterra) (Porcentajes)	Santiago (Chile)* (Porcentajes)
<b>Sólo participantes</b>			
Número de viajes total conductor de automóvil	-22.7	-7.6	-25.4
Distancia recorrida para el total de viajes reportados (km)	-21.3	-14.2	-34.5
Tiempo total de viaje en automóvil (horas)	-26.2	-11.8	-26.7
<b>Efecto conjunto para participantes y no participantes</b>			
Número de viajes total conductor de automóvil	-13.6	-3.3	-16.9
Distancia recorrida para el total de viajes reportados (km)	-11.2	-6.2	-23.3
Tiempo total de viaje en automóvil (horas)	-19.3	-4.8	-17.0

**Fuente:** G. Hutt, "Travel Blending<sup>MR</sup>, una herramienta para el cambio de conducta en transporte", *Tranvía*, N° 18, (<http://www.revistatranvia.cl/tv18>), julio de 2002.

\* El ámbito de aplicación fue relativamente reducido, por lo que puede estimarse sólo como una muestra.

El enfoque de promover cambios voluntarios de comportamiento es relativamente nuevo y debe reconocerse que, en América Latina y posiblemente en muchos países en desarrollo, puede resultar de difícil concreción. Sin embargo, en países desarrollados como Australia se espera reducir mediante él el uso del automóvil en aproximadamente 10% (*The Review*, 2002).

## **2. La educación vial**

El comportamiento de los usuarios de las vías públicas, tanto conductores como peatones, tiene distintos grados de incidencia sobre la congestión y también sobre la seguridad.

El crecimiento sostenido del uso de las vías condujo primeramente a establecer reglas del juego o disposiciones para la circulación o normas de tránsito, con el objeto de definir derechos y restricciones de uso de las calles, y de este modo mejorar la fluidez y evitar accidentes. Lamentablemente, dichas reglas son desconocidas e irrespetadas por muchos.

La conducción indisciplinada o la falta de consideración hacia los demás, reducen de hecho la capacidad de la red vial a una fracción de su potencial. Intentar ganar algunos segundos a costa de transgredir la reglas de circulación en las intersecciones o en las calles significa una seria perturbación para el resto de los usuarios, traduciéndose en mayor congestión y, lamentablemente, un aumento del riesgo de accidentes. Por su parte, los peatones también deben respetar las reglas de la circulación, cruzando las calles sólo en los sitios y lapsos habilitados para ello.

Es indispensable mejorar la forma en que se comportan conductores y peatones. De ahí la enorme importancia de educar a toda la población en cuanto a las reglas del tránsito, lo que debería empezar desde la infancia.

El campo y las posibilidades en este sentido son muy amplios. A título de ejemplo, cabe mencionar la inclusión de la educación vial en el currículum escolar, las campañas educativas mediante *spots* o avisos dirigidas al grueso público en los medios de difusión, las escuelas de conductores, la práctica controlada y obligatoria de una cierta cantidad de horas de conducción antes de obtener licencia, exámenes de conducción más exigentes, entre otros. Iniciativas notables en Brasil han sido la utilización de mimos para enseñar a cruzar las calles en los sitios autorizados y la interpretación de música de estilo folclórico o popular en lugares de alta afluencia de público para comunicar las reglas de circulación. Otra interesante acción ha sido la creación en Chile de las denominadas patrullas escolares, cuyos miembros, uniformados a la entrada y salida de clases, orientan a sus compañeros en sus movimientos en la vía pública.

Desde luego, no pueden esperarse resultados inmediatos, pero la formación de menores, por su misma maleabilidad, entrega verdaderas esperanzas de futuros cambios hacia conductas más seguras y respetuosas de las reglas.

### **3. Las modernas tecnologías de comunicación**

Los avances tecnológicos en el sector de la informática permiten explorar medidas que estimulen la reducción del número de viajes necesarios.

A partir del último decenio del siglo XX, ha proliferado la disponibilidad residencial de Internet y televisión por cable, los que seguramente van a influir en la producción de los viajes y su distribución temporal. Una conexión de Internet crea posibilidades de flexibilización horaria de muchos viajes a los lugares de trabajo y, además, de reemplazar algunos de estos viajes por intercambios electrónicos. Ello puede reducir la concentración de la demanda por desplazarse en las horas punta. Por otra parte, algunos viajes de compras podrán reemplazarse por encargos mediante Internet, con entrega por camión de reparto. También es lógico considerar que vaya a haber una menor propensión a salir de la casa a los lugares de esparcimiento, debido a las mayores posibilidades de poder entretenerse sin salir del domicilio (Thomson, 2002a).

Aún es prematuro predecir la repercusión de estos cambios, que en gran medida se están produciendo en forma espontánea. En todo caso, el apoyo a esta tendencia puede ser una forma de disminuir la demanda por viajes en los períodos punta.

## **G. LA CONGESTIÓN Y EL USO DEL SUELO**

### **1. Las tendencias a lo largo del tiempo**

La masificación de la propiedad y el uso del automóvil permitió una desconcentración habitacional y comercial de las ciudades. Antes, solamente los integrantes de la aristocracia contaban con medios particulares para desplazarse, tales como carruajes, con la consecuencia de que nadie más podía residir, educarse, trabajar o divertirse a mucho más de diez cuadras de una línea de tranvía, tren, o bus. Esto se ve todavía reflejado en las ciudades de hoy, como en el caso de Santiago, donde, según datos de 1992 del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la densidad poblacional de las zonas tradicionales, urbanizadas en la época pre-automóvil, fluctúa en alrededor de 10 000 personas por kilómetro cuadrado, mientras que la de las nuevas, generalmente situadas más hacia la periferia, está en el rango de 2 000 a 4 000. En esa misma ciudad, la densidad poblacional subió continuamente, desde la década de 1940 hasta la de 1980, pero luego comenzó a bajar (Armijo, 2000), a medida que los ciudadanos podían aprovechar la nueva libertad espacial posibilitada por la propiedad de un automóvil.

Entre 1950 y 1970, en las ya automovilizadas ciudades estadounidenses de Chicago, Washington, D.C. y Boston, la densidad demográfica del centro había comenzado a bajar, al desplazarse sus antiguos residentes a los suburbios. En tanto, en los centros de las ciudades latinoamericanas ocurría lo contrario, con la excepción de Buenos Aires, donde la motorización llegó temprano en comparación con el resto de América Latina, y donde, además, existía el único sistema de trenes suburbanos en la región, que posibilitaba vivir en una amplia zona suburbana y viajar diariamente al centro (Ingram y Carroll, 1978). En los centros de las ciudades australianas y norteamericanas existen entre 0.4 y 0.5 estacionamientos por cada puesto de trabajo (Kenworthy y Laube, 1999), lo que también facilita la suburbanización.

Existe una fuerte relación inversa entre la densidad urbana y el costo del transporte público por pasajero-kilómetro, que induce una espiral perniciosa de mayor uso del automóvil, deterioro del transporte público, reforzada dependencia del automóvil y que, al final, conduce a una ciudad insostenible en el largo plazo.

## **2. La disponibilidad de tiempo para viajes**

Varios autores han identificado parámetros referentes a los viajes que hacen las personas, que parecen mantener una cierta estabilidad a lo largo del tiempo en una misma ciudad y aun en grupos de ellas. Por ejemplo, el tiempo dedicado a los viajes, por persona y día, fluctúa dentro de una faja que va desde 45 minutos hasta alrededor de una hora y 25 minutos, con una marcada concentración en alrededor de una hora, sea que la persona resida en los Estados Unidos o en una aldea africana (Schafer, 2000).

La velocidad de los medios disponibles para desplazarse es muy diferente, lo que trae como consecuencia que, en las aldeas de Ghana, las personas cubren solamente 3.5 kilómetros diarios dentro de su hora diaria, mientras que en los Estados Unidos recorren más de 60 kilómetros, al poder circular en auto, más que hacerlo a pie. Un estudio sobre datos entre 1955 y 1970, referente a ciudades de los Estados Unidos, concluyó que “el tiempo de viaje diario total por viajero promedio es notablemente similar” (Zahavi, 1976). La validez de una relación de este tipo traería como consecuencia que una reducción en las velocidades de circulación, producidas por un aumento en la congestión, daría como consecuencia una disminución en la distancia media transitada por persona, o una búsqueda de maneras alternativas de desplazarse. Opciones posibles son:

- una reducción en el largo medio de los viajes;
- una reducción en la frecuencia de los viajes, acompañada quizás de un mayor uso de las distintas formas de telecomunicaciones (Thomson, 2002a);

- una transferencia espacial de los viajes a los sectores menos congestionados, desde los de mayor congestión;
- una transferencia modal de los viajes, desde los automóviles hacia los medios relativamente independientes de la congestión, como los metros o motocicletas, y
- una transferencia temporal de los viajes hacia las horas de menor congestión.

Algunos de estos efectos repercuten sobre la distribución del uso de suelo, pero no siempre en el mismo sentido, de modo que el impacto neto varía de una ciudad a otra. Por ejemplo, la reducción del largo de los viajes crearía una mayor demanda por vivir cerca de los lugares de trabajo, o presiones para establecer nuevos empleos en las cercanías de los sectores residenciales; esto se manifestaría especialmente en ciudades con una regulación relativamente estricta de uso de suelo, en particular sobre el perímetro de la zona metropolitana, como sucede en Europa. Por otra parte, en América Latina, donde estas regulaciones son más flojas, prevalecería la tendencia contraria, es decir, el desplazamiento de residencias y lugares de trabajo a zonas periféricas y por ahora libres de un grado importante de congestión.

La congestión de tránsito puede fomentar el uso del transporte público que esté a lo menos parcialmente inmune a sus consecuencias, es decir, el que opera sobre vías segregadas. En la medida en que su uso aumentara, subiría la demanda por propiedades, tanto residenciales como comerciales, que cuenten con buena accesibilidad, como sucede en las cercanías de las estaciones de metro. Aunque esta tendencia parece observarse en varias ciudades de la región, en América Latina la partición modal, o manera en que se distribuyen los viajes entre los diferentes modos, parece ser relativamente inflexible a cambios en los precios o tiempos de viaje de los diferentes medios (Swait y Eskeland, 1995).

En São Paulo, ciudad reconocida por sus altos índices de congestión de tránsito, se han realizado encuestas de los padrones de viajes durante un período de 30 años, lo que permite inferir algo acerca de la influencia de la congestión y su posible impacto sobre el uso de suelo, aunque no sacar conclusiones definitivas sobre la materia. De 1977 a 1997 se observó una reducción de 76 a 64 minutos en el tiempo diario por persona dedicado a los viajes. Aunque no se han encontrado datos consistentes sobre las velocidades de circulación del tránsito paulista, ellas probablemente bajaron durante dicho lapso; sin embargo, las velocidades medias de los viajes han subido de 9.4 km/h en 1977, a 9.7 km/h en 1987 y a 10.9 km/h en 1997. La consecuencia es que, a pesar de la disminución en el tiempo dedicado a los viajes, el kilometraje efectuado por persona por día se ha mantenido estable. Por otra parte, el número de viajes por persona por día bajó de 1.53 en 1977, a 1.21 en 1997, y la distancia promedio por viaje subió de 7.8 a 9.5 kilómetros (Companhia do Metropolitano de São Paulo, 1977, 1987 y 1997).

La situación ha sido analizada, por lo menos parcialmente, en relación con el transporte, pero sin identificar el impacto de la congestión sobre el uso de suelo (Henry y Hubert, 2000 y Thomson, 2002a). No obstante, el escenario es congruente con una creciente congestión, que fomenta un desplazamiento de las residencias hacia los suburbios, obligando a los ciudadanos a cubrir una distancia cada vez mayor entre la casa y el lugar de trabajo. La mayor separación física y la creciente congestión, y además, quizás, una mayor disponibilidad de entretenimientos en los domicilios producto de la proliferación de la televisión por cable, induce a las personas a hacer menos viajes. Una congestión creciente es compatible con una mayor velocidad media de los viajes, si las personas se cambian de medios más lentos, como los buses corrientes, a otros menos lentos, como buses en vías segregadas, el metro o los autos, y esto es lo que parece haber ocurrido. De 1977 a 1997, la fracción de viajes en tren (incluido el metro) subió de 4.9% a 7.5%, y la de en auto, de 26.3% a 30.9%. Los viajes realizados en bus bajaron de 40.1% a 25.8% y, en general, sus velocidades de circulación parecen haber disminuido, aunque la creación durante esos años de pistas o vías segregadas en los corredores de mayores flujos habrá beneficiado a una creciente proporción de sus pasajeros.

### **3. La tarificación vial y el uso del suelo**

La tarificación vial ha sido planteada como un mecanismo para mejorar la fluidez del tránsito, reducir el uso del automóvil y fomentar el del transporte público, y en general, convertir la ciudad en un lugar más agradable y sostenible. Sin embargo, podría ocurrir que sus efectos a largo plazo fuesen diametralmente opuestos.

Varios analistas han investigado, normalmente mediante modelos matemáticos, el efecto de la tarificación por congestión sobre la forma espacial de la ciudad, llegando a conclusiones no siempre iguales. A modo de ejemplo, un trabajo concluyó que tarificación reduciría la demanda por viajar y que esto conduciría a una ciudad más compacta (Oron y otros, 1973). Otro estudio llega a una conclusión opuesta (Mills, 1967). Particularmente en América Latina, las indicaciones parecen conducir a la conclusión de que la tarificación contribuiría a una mayor dispersión espacial.

La tarificación hace subir el precio relativo de desplazarse en auto en las zonas de mayor congestión, es decir, en las áreas de mayor densidad residencial o comercial, que normalmente tienden a ser las más céntricas. Ante dicha alza, en el corto plazo los automovilistas tendrían que elegir entre tres opciones, ninguna de las cuales sería de su gusto: i) cambiarse a transporte público; ii) seguir viajando en auto, pero en períodos no tarificados, ya sea madrugando o llegando al trabajo más tarde, o iii) seguir desplazándose como siempre,

pagando la tarifa correspondiente. El efecto es que para ellos bajaría la accesibilidad a las zonas tarifcadas, que por ello se convertirían en lugares menos atractivos donde residir o trabajar.

En el horizonte más lejano, los automovilistas tendrían la opción de emigrar de la zona tarifcada, en procura de lugares más baratos donde desplazarse. Puesto que los ingresos de los automovilistas tienden a ser relativamente altos, su éxodo causaría una rebaja en la demanda tanto de residencias de alta categoría como de oficinas o centros comerciales. Los precios de las propiedades podrían bajar y sería posible el desencadenamiento de un proceso de deterioro urbanístico.

Podría intentarse frenar la tendencia mencionada mediante una mejora en la calidad del transporte público en la zona tarifcada, lo que se contempla normalmente en las propuestas de tarifcación, financiándolo con una fracción de los fondos recaudados. Ello mejoraría la accesibilidad de las zonas céntricas para los usuarios de transporte colectivo. Lamentablemente, parece ser que en América Latina la propensión a cambiar de modo de transporte es muy baja; al menos eso se constató en un estudio para São Paulo (Swait y Eskeland, 1995)<sup>2</sup>. En otras palabras, las mejoras en el transporte público no atraerían gran cantidad de automovilistas y sus usuarios seguirían siendo, en general, personas de ingresos y niveles de capacitación menores.

Especialmente en América Latina, las decisiones de las empresas con respecto a la ubicación de sus oficinas consideran las preferencias de sus empleados más especializados, de quienes depende crucialmente el éxito. Dado que se movilizan habitualmente en automóvil y hay que mantenerlos contentos o arriesgarse a perderlos, probablemente recibirían el reembolso de los montos de las tarifas viales. Sea quien fuere quien los soporte, aumentarían los costos de permanecer o establecerse en las zonas tarifcadas y habría presiones para irse a áreas exentas. Los residentes contribuirían también a esa tendencia, si no son eximidos de pago.

Las nuevas zonas de destino tendrían tal vez un transporte colectivo de calidad inferior al que sirve el centro. Por lo tanto, hasta los empleados que antes llegaban en transporte público, tendrían incentivos de cambiarse al auto y, al haber amplios espacios donde estacionar, harían exactamente eso. También los nuevos residentes podrían seguir viajando en auto, sin que nadie les cobre recargos. El resultado sería: i) menos uso del transporte público; ii) más uso del automóvil; iii) una tendencia hacia un deterioro urbanístico del centro; y iv) una mayor expansión territorial de la ciudad, que incorpore al área urbanizada espacios dedicados a cultivos o naturaleza virgen.

---

<sup>2</sup> Las elasticidades de demanda por los distintos medios de transporte, propias o cruzadas, determinadas en el estudio, resultaron todas muy inferiores a 0.5, estando la mayoría cerca de cero.

Es difícil no concluir que, a menos que pudiera cambiarse la marcada preferencia por el uso del automóvil, la imposición de la tarificación vial en las ciudades latinoamericanas conduciría a una mayor expansión territorial de las ciudades, el desplazamiento de puestos de trabajo desde la zona tarifada y el reforzamiento de la tendencia de las familias de mayores ingresos a residir en los suburbios, donde el transporte público es a veces poco viable. El largo promedio de los viajes aumentaría y la ciudad se volvería más dependiente del transporte privado (Thomson, 2002b). La propia zona tarifada podría sufrir un deterioro urbanístico. Es decir, la tarificación vial tendría el efecto perverso de reducir la sostenibilidad de la ciudad en el sentido medioambiental, y probablemente también en lo que se refiere a las dimensiones económica y social.

La mencionada tendencia de largo plazo hacia la no sostenibilidad podría contrarrestarse imponiendo fuertes restricciones sobre el uso de suelo, para impedir la suburbanización. Sin embargo, salvo en casos excepcionales, como en Curitiba, las autoridades municipales de América Latina no se han mostrado muy diestras en la aplicación de tales restricciones y, de todos modos, si lo hicieran, se correría el riesgo de reducir el atractivo de la ciudad como lugar donde vivir, lo que influiría negativamente en sus perspectivas de desarrollo económico.

La imposición de controles severos sobre el estacionamiento tendría impactos diferentes, según fuere la dureza de la medida. Si la restricción se aplicase solamente a los espacios sobre las calles, la zona de restricción podría volverse más atractiva para residencias de las categorías más altas y eventualmente frenaría la tendencia hacia la suburbanización, aunque seguramente no la detendría del todo.

## **H. LUCES Y SOMBRAS DE LAS ACCIONES SOBRE LA DEMANDA**

Es claro que las acciones sobre la demanda tienen un lugar en la lucha contra la congestión y permiten alcanzar resultados concretos. Por cierto, algunas son más fáciles de implantar, pues cuentan con mayor aceptación o menor resistencia de parte de los ciudadanos. Asimismo, algunas son de bajo costo y otras financiadas por el sector privado, facilitando con ello su viabilidad.

La aplicación de regulaciones sobre los estacionamientos y el escalonamiento de horarios parece llevar ventaja en los sentidos indicados. La mejor estrategia podría ser una aplicación paulatina, en combinación con medidas sobre la oferta en función de los niveles de congestión prevalecientes. Lo que sí parece claro es que la lucha será permanente, a menos que por otras razones baje la demanda de transporte.

Aunque puedan ser de implantación minuciosa, y por tanto lenta si se piensa en ciudades completas, las técnicas que se proponen cambiar los hábitos y actitudes ante el automóvil pueden también alcanzar resultados duraderos y de cierta magnitud en las horas punta.

De todos modos, al diseñar las medidas sobre la demanda, deben sopesarse cuidadosamente los efectos colaterales, prestando especial atención a precaver efectos no deseados, particularmente de largo plazo. En este sentido, el control de los estacionamientos y la tarificación son medidas delicadas, que diseñadas defectuosamente tienen el potencial inconveniente de deprimir zonas de la ciudad o traer consecuencias contraproducentes para la sostenibilidad urbana.

## Capítulo V

# **SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE MEDIDAS SOBRE LA CONGESTIÓN EN EL CASO DE SANTIAGO DE CHILE**

## **A. EL TRANSPORTE Y TRÁNSITO EN SANTIAGO**

Santiago, la capital de Chile, no es ajena al fenómeno de creciente congestión de tránsito que sufren las ciudades grandes, con su secuela de aumentos en los tiempos de viaje, los costos operacionales de los vehículos y la contaminación ambiental. Las proyecciones al año 2005 indican un importante empeoramiento de las velocidades de circulación, por lo que resulta ineludible estudiar e implantar medidas que contribuyan a la moderación y control de la congestión.

La SECTRA ha desarrollado los complejos y probados modelos computacionales ESTRAUS, VERDI y MODEM, que permiten analizar por anticipado los resultados que se obtendrían de aplicarse determinadas decisiones sobre el sistema de transporte de Santiago. Estos modelos se emplearon para simular los efectos producidos por varias posibles medidas para el control de la congestión, y a la vez evaluar sus resultados en términos económicos, sociales y ambientales.

### **1. Una situación difícil que amenaza con convertirse en inmanejable**

En 1991 se efectuó en Santiago una amplia encuesta a 32 000 hogares acerca de los viajes urbanos que se realizaban, lo que permitió calibrar el modelo ESTRAUS. La mayor densidad de viajes motorizados se produce entre las 07:30 y 08:30 horas, por lo que ese lapso se considera la hora punta de la mañana. Las características esenciales del tránsito y transporte santiaguinos durante la hora punta de la mañana se resumen en el cuadro V.1, lo mismo que su proyección al año 2005, bajo el supuesto que se mantenga invariable la infraestructura y la gestión del transporte.

Cuadro V.1  
**SANTIAGO DE CHILE: CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL TRÁNSITO  
DURANTE LA HORA PUNTA DE LA MAÑANA (07:30 A 08:30 HORAS)**

	1997	2005 <sup>a</sup>	Variación 1997-2005
Número de viajes	1 208 056	1 469 297	+ 22%
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	13 209 551	+ 27%
Tiempo total empleado (horas)	702 021	1 254 441	+ 79%
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	47.1	-5.3%
Viajes en auto y en taxi (porcentaje)	27.5	35.8	+ 8.3%
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	4.7	+ 0.5%
Viaje medio en bus			
Distancia <sup>b</sup> total (km)	9.7	9.8	+ 1.0%
Tiempo <sup>b</sup> total (min)	48	70	+ 46%
Velocidad del bus (km/h)	16	9	- 44%
Viaje medio en auto			
Distancia (km)	9.5	9.8	+ 3.2%
Tiempo (min)	22	39	+ 77%
Velocidad (km/h)	26	15	- 42%
Tramos congestionados	140	735	5.3 veces

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

<sup>a</sup> Supone que no se modifican la capacidad de transporte ni su gestión.

<sup>b</sup> Incluye el trecho recorrido a pie y el tiempo de espera del bus.

Del cuadro V.1 se desprende lo siguiente para la hora punta de la mañana:

- El número total de viajes realizados crecerá a una tasa media de 2.5% anual, acumulando 22% en el período.
- La distancia total recorrida por el conjunto de vehículos aumentaría en 27%, en tanto que el tiempo total empleado lo haría en 79%.
- Aunque los buses mantendrían la mayor proporción de los viajes, la partición modal se modificaría en favor de los automóviles, permaneciendo la participación del metro inferior a 5%.
- Los indicadores de viaje auguran un importante aumento de la congestión, si no se toman medidas correctivas. Es así como un viaje promedio en automóvil, manteniendo aproximadamente la misma distancia, vería aumentar su tiempo de viaje en 77%. Por su parte, el viaje promedio en bus demoraría 46% más.
- A pesar de que el aumento del número de viajes y las distancias recorridas parece moderado, se observa que todos los indicadores de servicio, especialmente las velocidades y tiempos de viaje, empeoran significativamente.
- La ciudad presenta niveles de congestión en determinados sectores y avenidas, cuya severidad y áreas de influencia irán en progresivo aumento, incrementándose en cinco veces la cantidad de tramos congestionados. De ahí la importancia de considerar un conjunto de medidas que permitan controlar la congestión.

## **2. La ciudad no ha estado de brazos cruzados**

Aun antes de que se efectuara el mencionado diagnóstico, la situación se percibía preocupante. Sin embargo, Santiago no ha experimentado pasivamente la progresión de la congestión; la situación podría haber sido mucho peor si no se hubiesen aplicado diversas medidas que han servido para frenar su incremento, tales como:

- implantación del sistema SCAT de control centralizado de semáforos, apoyado en una red de sensores que realizan conteos de tránsito en tiempo real, lo que permite programar de mejor forma los ciclos y la sincronización;
- demarcación de carriles exclusivos para buses en la avenida principal;
- construcción de carriles segregados para buses en otra avenida importante;
- ampliación de la red de metro;
- mejoramiento sustancial de la señalización horizontal y vertical;
- rediseño de numerosas intersecciones, introduciendo carriles de viraje a la izquierda y otras mejoras;
- aumentos de ancho y racionalización local del trazado de vías, y
- prohibición de estacionamiento en varias avenidas.

De todas maneras, la permanente necesidad de mejorar la fluidez de tránsito indujo al estudio de nuevas medidas que se consideraron apropiadas, pero cuyo efecto era necesario predecir para analizar su bondad y efectividad.

## **B. LOS MODELOS ESTRAUS Y VERDI**

### **1. El modelo ESTRAUS**

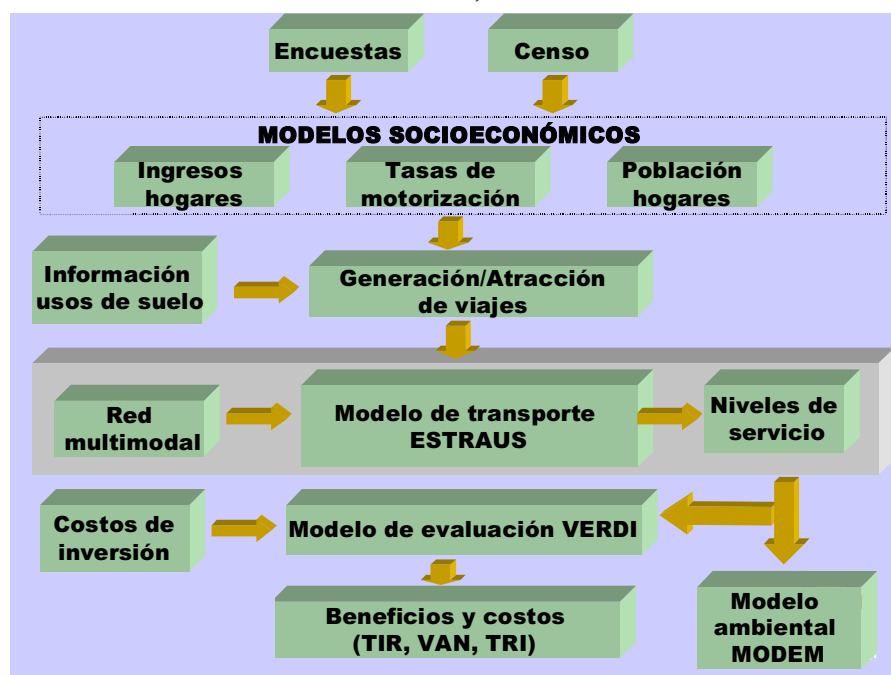
ESTRAUS (MIDEPLAN, 1997) es un modelo de equilibrio entre la oferta y la demanda de transporte, aplicable a redes multimodales de transporte urbano, con múltiples clases de usuarios (en función de sus ingresos, propósitos de viaje, u otros).

Los usuarios se clasifican de acuerdo a los atributos socioeconómicos del hogar al que pertenecen; para ello se consideran el ingreso medio y el número de autos que poseen. El modelo tiene en cuenta que para realizar sus viajes los usuarios escogen un modo de transporte, entre las distintas opciones disponibles, de acuerdo a distintos criterios, entre los que se incluyen los costos, el tiempo a emplear y las preferencias subjetivas por usar uno u otro.

La red multimodal considera modos de transporte puros, como auto, bus, taxi, metro, y otros, y combinados, como bus-metro, auto-metro, etc. El modelo incorpora restricciones de capacidad tanto para el transporte privado como público, lo que permite un tratamiento explícito de la congestión. Asimismo, incorpora las funciones de costo que existen en los arcos (tramos de vías) de la red.

El modelo clásico de transporte considera cuatro etapas: generación y atracción de viajes, distribución, partición modal y asignación; de ellas, las tres últimas se resuelven en forma simultánea en ESTR AUS, en tanto que la primera (generación y atracción de viajes) es exógena al modelo. La estructura del modelo puede verse en el gráfico V.1.

Gráfico V.1  
MODELOS ESTR AUS, VERDI Y MODEM



Fuente: A. Thomas, "Planificación estratégica de sistemas de transporte urbano" (<http://www.cepal.org/Transporte/noticias/noticias/8/9178/Modelos.ppt>), marzo de 2002.

Recuadro V.1  
APLICACIÓN DE ESTR AUS A LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Particularidades que considera el modelo ESTR AUS para Santiago:

- 409 zonas (áreas en que se divide el territorio urbano);
- 2 374 nodos o intersecciones y 7 984 arcos o trechos de vías que unen las intersecciones;
- 13 categorías de usuarios, combinando 5 distintos niveles de ingreso y 3 de posesión de automóviles;
- Tres diferentes propósitos de viaje (trabajo, estudio y otros);
- 11 modos de transporte (7 puros y 4 combinados), y
- 741 líneas de buses con 507 000 secciones de ruta asociadas (arcos virtuales de la red de buses).

Fuente: G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTR AUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

#### **a) Resultados entregados por ESTR AUS**

Los principales resultados obtenidos de una simulación ESTR AUS son:

- partición modal (división de viajes entre los distintos modos de transporte) en forma global para toda la ciudad modelada;
- matrices de viajes (orígenes y destinos de todos los desplazamientos) entre las zonas del sistema completo, subdivididas por modo de transporte, propósito de viaje y categoría socioeconómica del viajero;
- niveles de servicio (tiempos y costos de desplazamiento) por modo de transporte, entre zonas de la red;
- duración de los viajes en los arcos de la red;
- flujo de vehículos en los arcos (segmentos) de la red vial;
- flujo de pasajeros en los arcos de las redes de transporte público;
- trechos viales que están congestionados, y
- muchas otras características.

En otras palabras, ESTR AUS entrega una representación completa del sistema de transporte urbano y todas sus características esenciales.

Los análisis se efectúan para dos períodos del día: i) la hora punta de la mañana, que abarca de 7:30 a 8:30 horas y ii) fuera de punta, entre las 10:00 y las 12:00 horas. El período punta de la mañana es el que presenta las condiciones de operación del sistema de transporte urbano más desfavorables, en términos de número de viajes motorizados y congestión. La importancia de un correcto tratamiento de este período es fundamental, tomando en consideración que los sistemas de transporte son diseñados, en cuanto a capacidad vial y flotas de los vehículos de transporte público, para satisfacer la demanda de viajes producida en ese período.

#### **b) Análisis que son posibles con ESTR AUS**

El modelo ESTR AUS permite predecir el impacto sobre el sistema de transporte urbano de dos tipos de intervenciones:

- Proyectos físicos o de infraestructura de carácter estratégico, que corresponden generalmente a líneas de metro, autovías urbanas, sistemas segregados para el transporte público de superficie, y similares.
- Políticas de transporte o desarrollo urbano, como es el caso de tarificación vial, variaciones en el impuesto a los combustibles, regulación de estacionamientos, relocalización poblacional, cambio en los planes reguladores y otras.

Las medidas sobre el sistema de transporte pueden acarrear cambios en los costos de los desplazamientos en los distintos modos en diferentes lugares. Por ejemplo, establecer o subir el precio del estacionamiento encarece los viajes en auto, en tanto que las vías segregadas disminuyen el tiempo de viaje de los

buses y de sus pasajeros. Un cambio importante en el costo o tiempo de viaje provocará en consecuencia una alteración de la partición modal.

Al efectuar los cálculos del impacto de alguna medida, el número total viajes en el período de análisis permanece constante, encargándose el modelo de determinar la nueva distribución espacial de ese número invariable de viajes, su repartición entre los distintos modos, las rutas escogidas para realizar los viajes, los nuevos volúmenes de tránsito, los tiempos de viaje y los costos operacionales en cada segmento vial, entre otros. Para evaluar el impacto de las diferentes medidas se generan dos escenarios; uno es el denominado base o “sin proyecto”, que corresponde a la situación original; el otro es el que surge si la medida se aplicara, conocido también como “con proyecto”. Los resultados de una medida específica se aprecian como diferencias en relación con la situación base, que sirve de patrón de comparación.

## **2. El modelo VERDI**

VERDI es un modelo de evaluación que permite analizar los impactos económicos de una determinada intervención sobre el sistema de transporte urbano (MIDEPLAN, 1999). VERDI emplea los resultados de ESTR AUS para las situaciones base y con proyecto (gráfico V.1). Las diferencias entre ambas permiten determinar los costos y beneficios del proyecto asociados a los períodos de simulación del modelo ESTR AUS.

Empleando coeficientes de expansión, es posible, a partir de los períodos simulados con ESTR AUS, representar el día completo y un año. Repitiendo el ejercicio para años sucesivos, es posible evaluar social o privadamente las medidas en estudio. El principal indicador considerado es el valor presente neto, también conocido como VAN (valor actual de los beneficios netos).

VERDI tiene incluidas dos opciones de evaluación social de proyectos, denominadas:

- evaluación clásica o de ahorro de recursos, y
- evaluación de los beneficios de los usuarios.

### **a) Evaluación clásica o de ahorro de recursos**

En el enfoque de evaluación clásica los beneficios y costos del proyecto son las variaciones positivas o negativas de los recursos consumidos, que en el caso del transporte, son esencialmente los tiempos de viaje y costos de operación de los vehículos. Si en la situación con proyecto, las sumas valoradas de todos estos costos son menores que en la situación base, la medida tiene beneficios iguales a esa diferencia y viceversa. Los beneficios deben confrontarse con los costos de implantar la medida.

## **b) Evaluación de beneficios de los usuarios**

Por su parte, la opción de evaluación de los beneficios de los usuarios estima el total de beneficios del proyecto como la variación de los excedentes de los consumidores (o usuarios del sistema de transporte) y de los productores de los servicios de transporte (u operadores). En el caso del transporte, se entiende por excedente la diferencia entre los costos que alguien está dispuesto a soportar y los que efectivamente debe asumir al movilizarse.<sup>1</sup> El excedente es una suerte de margen o ganancia captado por el usuario. En otras palabras, este sistema de evaluación considera aspectos subjetivos, que incluyen el bienestar o utilidad que para los viajeros representa el empleo de cada modo. Ahí se refleja la diferente preferencia por usar cada modo de transporte, figurando con mayor disposición a pagar los que se consideran más atractivos; el automóvil encabeza generalmente la escala de preferencias debido a su mayor versatilidad para transportarse.

Entonces, si una medida en particular hace subir el costo de viajar por un modo, sus usuarios experimentan una pérdida, pues disminuye su margen de ganancia; incluso algunos deben cambiarse a un modo alternativo de costo menor, pero que a su vez es menos valorado, lo que también disminuye su margen. Sería el caso, por ejemplo, de automovilistas que posiblemente se cambiarían a bus ante una medida como la tarificación vial o el cambio en el costo de estacionar, que hicieran el viaje en automóvil más costoso de lo que están dispuestos a pagar. Al contrario, si una medida hace bajar el costo en algún modo, los usuarios que lo utilizan obtienen el beneficio representado por la mayor diferencia en relación con lo que están dispuestos a asumir. Esta sería la situación de los pasajeros de buses, debido a alguna medida que permitiera aumentar su velocidad de circulación.

En contraste con este esquema de beneficios de los usuarios, la evaluación clásica se limita a medir los impactos sobre la economía en términos de la variación de los costos de viaje.

## **c) Las evaluaciones clásica y de beneficio de los usuarios a veces no coinciden**

No siempre las dos evaluaciones coinciden en el signo de los resultados (ambos favorables o desfavorables), como podría suponerse a primera vista. En ocasiones se da el caso de que se obtiene un resultado negativo al sumar todas las variaciones de excedentes o de beneficios de los usuarios, que se producen en todo el sistema de transporte de una ciudad; esto significa que los usuarios mayoritariamente pierden utilidad o satisfacción. Sin embargo, paralelamente, la evaluación clásica puede arrojar resultados positivos si se produce una baja en los costos totales de transporte, es decir, si se gastan menos recursos en movilizar a todas las personas.

---

<sup>1</sup> Técnicamente, el excedente corresponde al área bajo la curva de demanda o de oferta y por sobre los costos del transporte.

## **C. RESUMEN DE LAS SIMULACIONES Y EVALUACIONES LLEVADAS A CABO**

Santiago ha adoptado medidas contra la congestión, sin perjuicio de lo cual es necesario continuar con nuevas medidas que permitan mejorar la oferta de infraestructura y su operación, el transporte público, y a la vez actuar también sobre la demanda, es decir, sobre el uso de los vehículos. De otro modo, la presión que ejerce la demanda es capaz de sobrepasar cualquier infraestructura disponible.

Mediante los modelos ESTRAUS y VERDI se efectuó el análisis de un variado conjunto de opciones que permiten enfrentar la congestión, y asimismo mejorar la eficiencia económica del transporte urbano y colaborar también con el control de la contaminación ambiental. Al plantearlas, se prestó atención especial a las clases sociales menos acomodadas, que frecuentemente son cautivas del transporte público.

Las medidas que se consideraron, que comprenden básicamente estímulos para el transporte público y desincentivos al uso del automóvil, son las siguientes:

- Carriles segregados para buses
- Buses ejecutivos
- Prohibición de estacionamiento, con diferentes alcances
- Tarifación vial, con distintos grados de cobertura y valor de la tarifa
- Carriles segregados para buses, junto con prohibición de estacionamiento en la calzada
- Carriles segregados para buses, junto con tarifación vial

A continuación se describen las medidas propuestas, se sintetizan sus características y los principales impactos que en cada caso se obtendrían, empleando los datos de 1997. En todo caso, para su eventual implantación es necesario también tener en cuenta su posible aceptación por la ciudadanía, pues de lo contrario podrían no ser viables.

### **1. Carriles segregados para buses**

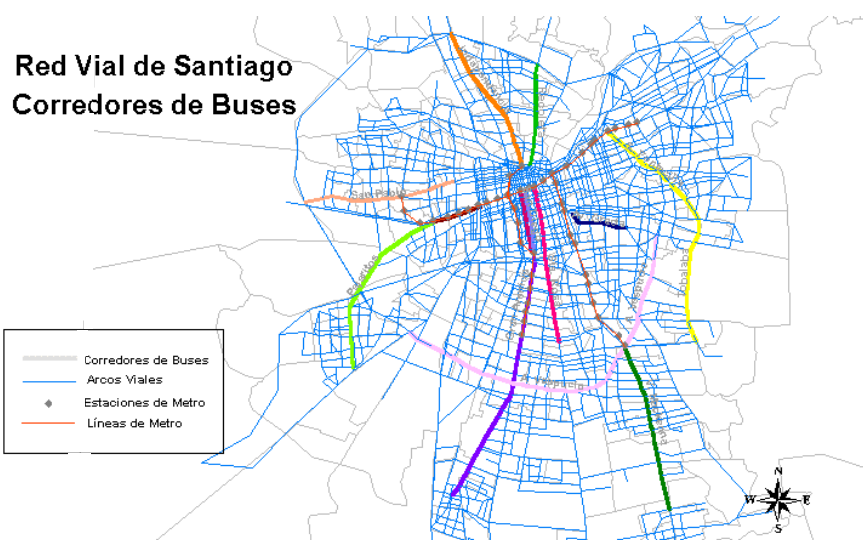
#### **a) Descripción**

Los carriles segregados son pistas que se aíslan del resto de la calzada mediante una separación física y se dedican únicamente a la circulación de buses. Ello posibilita un desplazamiento más ágil de los buses, evitándose la fricción con los otros vehículos en circulación.

El impacto de los carriles segregados había sido analizado en forma previa (Fernández y De Cea, 1999). Se consideró su implantación en los ejes principales de Santiago, tales como Pajaritos, Santa Rosa, Vicuña Mackenna, Independencia, Alameda, Gran Avenida, Tobalaba, Américo Vespucio, San

Pablo y Recoleta (véase el plano V.1). Contemplan un carril de 3.5 metros por sentido, salvo en las zonas donde se ubican los paraderos, donde hay dos, para facilitar el adelantamiento de los buses detenidos; la distancia entre paraderos fluctúa entre 500 y 600 metros. Los resultados que se consignan a continuación provienen del estudio mencionado.

Plano V.1  
**CARRILES SEGREGADOS PARA BUSES**



**Fuente:** Fernández y De Cea, Ingenieros Ltda., “Análisis estratégico de los impactos sobre la demanda de implementar un plan de corredores para el gran Santiago”, estudio para el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), Santiago de Chile, 1999.

## b) Principales resultados obtenidos con ESTR AUS

Hay un cambio en la partición modal que favorece al bus, con un aumento de su demanda en casi 0.4% del total de viajes. Las transferencias se producen esencialmente desde el metro y desde viajes bus-metro.

Se producen importantes disminuciones en los tiempos de viaje. Los realizados en transporte público demoran en promedio 5 minutos menos. En tanto, los usuarios de automóvil también experimentan ahorros de 1.5 minutos por viaje. El tiempo total ahorrado alcanza a unos 40 millones de horas anuales. Estos resultados se han visto corroborados con creces por las experiencias de vías segregadas y vías exclusivas para buses introducidas en Santiago (véase el capítulo III, sección E).

Los menores tiempos de viaje significan mayores velocidades para los buses y los automóviles. Se deduce que la separación física entre tipos de flujo beneficia al transporte público y al particular, produciéndose un descongestionamiento general.

En consecuencia, esta medida se aprecia como de alta efectividad y tiene la virtud de favorecer al mismo tiempo a los automóviles.

### **c) Principales resultados obtenidos con VERDI**

Los resultados principales del estudio (Fernández y De Cea, 1999) son que en el primer año de aplicación se produce un ahorro anual de recursos de 57.3 millones de dólares. Por otra parte, debido a las mayores velocidades de circulación, se requieren unos 700 buses menos para dar el mismo servicio, en relación con una flota existente de aproximadamente 10 000 buses. Obviamente, para materializar la segregación se requiere invertir (unos 637 millones de dólares), pero los ahorros de recursos a largo plazo hacen la medida socialmente rentable.

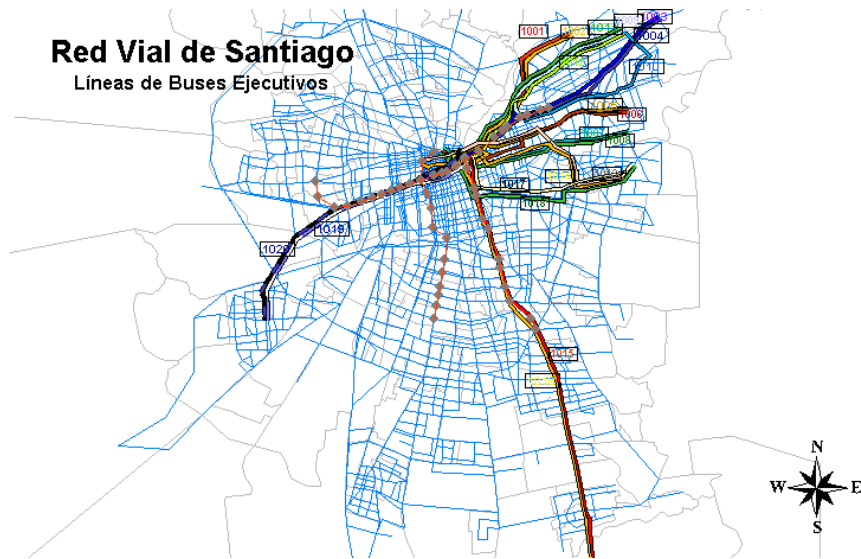
## **2. Buses ejecutivos**

### **a) Descripción**

Los buses ejecutivos son vehículos colectivos de alto estándar. En el estudio para Santiago (CIS, 1995) se consideró que tuvieran asientos reclinables, música ambiental, aire acondicionado, choferes uniformados, paradas distanciadas y pasajes tipo *smart card* o abonos.

Se consideró el establecimiento de 10 rutas (véase el plano V.2), con dos variantes: i) buses de 24 pasajeros, circulando cada 20 minutos, y ii) buses de 40 pasajeros, circulando cada 12 minutos. Se simuló una tarifa de 1 200 pesos, equivalente a 2 dólares 61 centavos, lo que representa entre cinco y seis veces la tarifa del bus normal.

Plano V.2  
**RECORRIDOS DE BUSES EJECUTIVOS**



**Fuente:** Asociados Consultores en Transporte Ltda. (CIS), “Investigación de la factibilidad de implementación de un sistema de servicios especiales de locomoción colectiva para la ciudad de Santiago”, estudio efectuado para el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), Santiago de Chile, 1995.

## b) Principales resultados obtenidos con ESTR AUS

Los resultados principales se consignan en el cuadro V.2. Cabe hacer presente que por razones técnicas, relacionadas con la forma de modelar el nivel de preferencia por usar buses ejecutivos, los resultados de la aplicación del modelo ESTR AUS no tienen la misma precisión que en los otros casos estudiados, por lo que deben considerarse de carácter preliminar.

Se observa que este sistema puede captar casi 2.4% de los viajes totales realizados en la hora punta de la mañana, lo que es bastante relevante, considerando que equivale a más de la mitad del número de viajes en metro. Los tiempos de espera de buses ejecutivos son 68% menores en el diseño de mayor capacidad y frecuencia.

Durante la hora punta, 33% de los viajes en buses ejecutivos, es decir unos 6 700, lo harían personas de ingresos altos y medio altos, que de no tener esta opción viajarían en su propio automóvil o como acompañantes. Por otra parte, 40% de los pasajeros provendrían de los buses normales. También serían atraídos usuarios de metro pertenecientes a los estratos económicos más altos.

Cuadro V.2  
**SANTIAGO DE CHILE: BUSES EJECUTIVOS. RESULTADOS  
DEL MODELO ESTRAUS PARA LA HORA PUNTA**

	Base	Busej1	Busej2
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+8 497	+21 938
Tiempo total empleado (horas)	701 021	+5 874	+10 685
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	-0.91	-0.93
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-0.5	-0.82
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	-0.13	-0.18
Viajes en buses ejecutivos	—	+1.87	+2.36
Viaje medio en bus			
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	+0.06	-0.13
Tiempo total viaje bus (min)	48	-0.36	-0.82
Velocidad bus (km/h)	16	+0.22	+0.02
Viaje medio en auto			
Distancia (km)	95	-0.02	+0.31
Tiempo (min)	22	-0.38	+0.87
Velocidad (km/h)	26	+0.43	-0.18
Tramos congestionados (número)	140	-5	+8

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

Busej1: Capacidad 24 pasajeros, frecuencia 3 veces por hora.

Busej2: Capacidad 40 pasajeros, frecuencia 5 veces por hora.

Las características medias de los viajes en bus y en automóvil mejoran levemente al introducirse los buses ejecutivos menores. Lo mismo sucedería con los viajes en bus en presencia de los buses ejecutivos mayores, en tanto que los viajes en auto se verían perjudicados en este escenario. Lo que sucede es que los buses ejecutivos no sustituyen una cantidad suficiente de viajes en automóvil y, de hecho, con los buses ejecutivos mayores, aumenta el número de trechos viales congestionados.

Se concluye que en el caso de Santiago, la implantación de buses ejecutivos de tamaño medio (24 pasajeros) hace un aporte, aunque modesto, al combate contra la congestión; por el contrario, es inefectivo e incluso contraproducente si se emplean buses grandes.

### c) Principales resultados obtenidos con VERDI

No se determinaron en este estudio.

Sin embargo, la operación de los buses ejecutivos de tamaño medio es rentable desde un punto de vista privado (CIS, 1995) durante las horas punta. En otras palabras, el ingreso por tarifas permitiría recuperar los costos incurridos en vehículos y su operación.



Cuadro V.3  
**SANTIAGO DE CHILE: PROHIBICIÓN DE ESTACIONAMIENTO. RESULTADOS  
DE LOS MODELOS ESTRAUS, PARA LA HORA PUNTA, Y VERDI**

	Base	SP	CP	PAG	GRA
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+1 638	+18 643	+21 292	+21 980
Tiempo total empleado (horas)	701 021	-2 561	-2 382	-12 537	-24 338
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	+0.03	+0.04	+0.28	+0.49
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-0.08	-0.09	-0.36	-0.63
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	-0.03	-0.03	+0.01	+0.05
Viaje medio en bus					
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	0	+0.02	+0.03	+0.06
Tiempo total viaje bus (min)	48	-0.15	-0.20	-0.91	-1.65
Velocidad bus (km/h)	16	+0.08	+0.16	+0.54	+1.04
Viaje medio en auto					
Distancia (km)	9.5	0	+0.01	-0.02	-0.09
Tiempo (min)	22	-0.25	-0.17	-0.86	-1.75
Velocidad (km/h)	26	+0.31	+0.23	+1.03	+2.03
Tramos congestionados (número)	140	-2	-8	-28	-42
Ahorro recursos (millones dólares/año)		+3.4	+3.4	+16.4	+31.7
Beneficio usuarios (millones dólares/año)		+8.1	+19.4	+15.8	+33.0

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

SP: Prohibición de estacionamiento en la calzada en sitios sin parquímetro.

CP: SP más prohibición de estacionamiento en la calzada en sitios con parquímetro.

PAG: CP más prohibición de estacionamiento fuera de la calzada en sitios pagados.

GRA: PAG más prohibición de estacionamiento fuera de la calzada en sitios gratuitos.

## b) Principales resultados obtenidos con ESTRAUS

Al analizar las distintas medidas, se observa una magra mejoría de las variables de operación en los escenarios que parecen más factibles y que corresponden a la prohibición de estacionamientos en la vía pública. Ello puede deberse a que Santiago ya contaba con una razonable restricción en ese ámbito.

La situación cambia favorablemente cuando durante la hora punta se amplía la prohibición abarcando los sitios fuera de la calzada. Se observa que en el caso de mayor prohibición, la participación de los autos disminuye en 0.6% del total de viajes. Unos 12 100 viajes (0.1%) se sustraen del modo auto con un ocupante, de los cuales el 40% se cambiaría a auto con más de un ocupante y el resto, al transporte público. Por haber menos automóviles compitiendo por el uso de suelo, sus tiempos de viaje disminuyen en cerca de 2 minutos y la velocidad aumenta en 2 km/h.

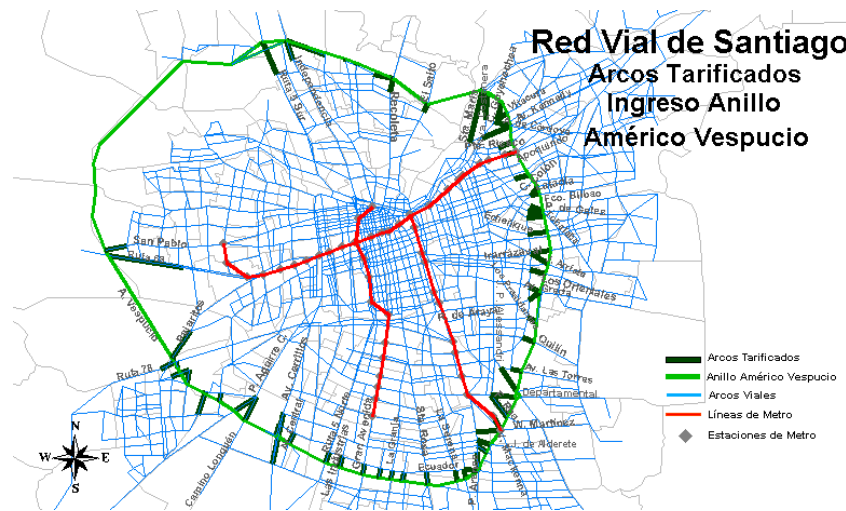
También disminuyen los tiempos de viaje del transporte público, con el consiguiente aumento de su velocidad. Los ahorros son similares para buses y automóviles.

Los trechos viales sujetos a congestión disminuyen en hasta 42, en lo que se asemejan a ciertos escenarios de tarificación vial.

Se concluye que si una ciudad ya ha echado mano del control de estacionamientos en las calles, como es el caso de Santiago, las medidas de este tipo con fines de control de la congestión tendrían que ser más duras, como incentivar no ir al trabajo en automóvil, lo que está representado por los escenarios de máxima prohibición.



Plano V.5  
ANILLO AMÉRICO VESPUCIO



**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTR AUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

Cuadro V.4  
**SANTIAGO DE CHILE: ESCENARIOS DE TARIFICACIÓN VIAL**

Área de tarificación	Tarifa (precios de 1997)	Código
Centro más Avenida Providencia	Ingreso al área: 500 pesos	C500
	Ingreso al área: 1 000 pesos	C1000
	Ingreso al área: 2 000 pesos	C2000
Área interior a Av. A. Vespucio	Ingreso al área: 1 000 pesos	AV1000
	Ingreso al área: 2 000 pesos	AV2000
	Ingreso al área y tarificación por circulación interna: 1 000 pesos	AVI1000
Todo Santiago	Circulación interna: 1 000 pesos	GS1000
	Circulación interna: 2 000 pesos	GS2000

**Fuente:** Elaboración propia.

El centro y la zona circundante de la Avenida Providencia son las áreas que concentran la mayor cantidad de destinos de viajes. La avenida A. Vespucio es un anillo de circunvalación que abarca gran parte de la zona poblada de la ciudad. Las tarifas, equivalentes a 1.09, 2.17 y 4.35 dólares, respectivamente, se eligieron de acuerdo a lo que se estimaron valores aceptables. Tarifas inferiores a 500 pesos serían demasiado reducidas para inducir en los automovilistas cambios significativos de conducta.

Los resultados principales se consignan en los cuadros V.5 y V.6.

Cuadro V.5  
**SANTIAGO DE CHILE: MEDIDAS DE TARIFICACIÓN VIAL. RESULTADOS  
DE LOS MODELOS ESTRASUS, PARA LA HORA PUNTA, Y VERDI**

	Base	C500	C1000	C2000	AV1000
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+93 951	+106 253	+145 188	+19 349
Tiempo total empleado (horas)	701 021	-11 868	-9 322	-3 020	-19 378
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	+0.56	+0.63	+0.76	+1.06
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-0.42	-0.73	-0.83	-1.22
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	+0.02	+0.03	+0.07	+0.02
Viaje medio en bus					
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	+0.07	+0.07	+0.07	+0.15
Tiempo total viaje bus (min)	48	-1.57	-1.63	-1.65	-1.38
Velocidad bus (km/h)	16	+0.85	+0.91	+0.95	+1.06
Viaje medio en auto					
Distancia (km)	9.5	+0.15	+0.19	+0.31	-0.26
Tiempo (min)	22	+0.46	+0.96	+2.01	-1.89
Velocidad (km/h)	26	-0.11	-0.6	-1.43	+1.74
Tramos congestionados (número)	140	-23	-15	-1	-36
Ahorro recursos (millones dólares/año)		+5.8	+3.3	-3.4	+40.5
Beneficio usuarios (millones dólares/año)		-87.7	-107.5	-125.2	-289.1
Pagan tarifa (autos/día)		10 924	6 284	1 434	39 082
Recaudación (millones dólares/día)		11.9	13.7	6.2	85.0

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRASUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

C500, C1000, C2000 = Ingreso al centro + Av. Providencia con tarifa de 500, 1 000 y 2 000 pesos, respectivamente. AV1000 = Ingreso a Av. A. Vespucio con tarifa de 1 000 pesos.

Cuadro V.6  
**SANTIAGO DE CHILE: MEDIDAS DE TARIFICACIÓN VIAL. RESULTADOS DE LOS  
 MODELOS ESTRAUS, PARA LA HORA PUNTA, Y VERDI**

	Base	AV2000	AVI1000	GS1000	GS2000
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+8 541	+136 284	+88 425	+137 687
Tiempo total empleado (horas)	701 021	-29 212	-27 438	-24 289	-35 241
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	+1.81	+1.86	+1.26	+1.96
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-2.02	-2.22	-1.42	-2.22
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	+0.04	+0.12	+0.02	+0.02
Viaje medio en bus					
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	+0.21	+0.17	-0.06	-0.08
Tiempo total viaje bus (min)	48	-2.18	-2.77	-2.65	-3.81
Velocidad bus (km/h)	16	+1.68	+1.95	+1.18	+1.85
Viaje medio en auto					
Distancia (km)	9.5	-0.48	+0.11	+0.44	+0.67
Tiempo (min)	22	-2.97	-1.23	-0.14	-0.39
Velocidad (km/h)	26	+2.65	+1.93	+1.42	+2.38
Tramos congestionados (número)	140	-52	-48	-30	-55
Ahorro recursos (millones dólares/año)		+40.5	+38.0	+24.8	+40.6
Beneficio usuarios (millones dólares/año)		-366.0	-258.3	-31.3	-43.5
Pagan tarifa (autos/día)		28 307	39 858	155 283	168 970
Recaudación (millones dólares/día)		123.1	86.7	337.6	367.3

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

AV2000 = Ingreso a Av. A. Vespucio con tarifa de 2 000 pesos.

AVI1000 = Ingreso a Av. A. Vespucio y circulación interna con tarifa de 1 000 pesos.

GS1000 = Circulación interna en todo Santiago con tarifa de 1 000 pesos.

GS2000 = Circulación interna en todo Santiago con tarifa de 2 000 pesos.

La tarificación vial ha sido discutida en el Congreso Nacional de Chile desde 1991, considerando variadas fórmulas. A pesar de haber sido aprobada por la Cámara de Diputados, su discusión en el Senado está desactivada y su aprobación parece remota. Las causas de la resistencia son analizadas en el capítulo IV.

## b) Principales resultados obtenidos con ESTRAUS

En primera instancia debe mencionarse que la tarificación del área Centro más Providencia arroja resultados poco auspiciosos. Aumentan la velocidad de los buses y su captación de pasajeros, pero desmejora la circulación de los automóviles. El ahorro total de recursos es modesto. Lo más notable es que al aumentar la tarifa, disminuye la poca efectividad de la medida, hasta hacerse incluso negativa. Ello se debe a que el área tarifada, si bien concentra una gran atracción de viajes, constituye una baja proporción de la superficie total de la ciudad, incentivando a quienes no van al centro a rodearla para llegar a su destino. Así se alargan muchos viajes en distancia y tiempo, anulando gran parte de las ventajas recibidas por los buses; además, con la tarifa mayor, la congestión se traslada a otras calles. Por ello aparece como poco aconsejable tarificar sólo zonas céntricas.

Los resultados alcanzan mayores efectos en los otros escenarios, con una tendencia creciente al aumentar el área y las tarifas.

Los buses podrían acrecentar la participación en el número de viajes en cifras entre 1% y 2%, en tanto que lo contrario, aunque en mayor proporción, sucedería con los realizados en automóvil y taxi.

Se observa un interesante incremento de las velocidades medias tanto del transporte privado como del público, en magnitudes en algunos casos superiores a 2 km/h. Los tiempos de viaje caen en todos los casos, siendo de mayor significación para los buses. Ello se refleja en menor empleo de total de tiempo durante la hora punta, aunque en algunos escenarios se producen fuertes aumentos de la distancia total recorrida.

El efecto en cuanto a disminución de cantidad de trechos congestionados es variable, alcanzándose el mayor, como parece lógico, en el escenario de mayor imposición (todo Santiago a 2 000 pesos), en que 55 dejan esa condición.

### **c) Principales resultados obtenidos con VERDI**

En general, los beneficios calculados bajo la metodología de ahorro de recursos aumentan junto con la tarifa aplicada, alcanzando cerca de 41 millones de dólares anuales en el caso más restrictivo.

En tanto, los beneficios calculados con la metodología de beneficios de usuarios son negativos en todos los casos, y aún peores los resultados al aumentar la tarifa. Lo señalado se debe a que, al aplicar la tarifa, disminuye la diferencia entre lo que los automovilistas están dispuestos a pagar y el costo efectivo que deben soportar; incluso, una cierta cantidad se cambia a otro modo menos preferido, por ejemplo bus, si el costo de usar su auto pasa a ser mayor que lo que les resulta aceptable.

El análisis por niveles socioeconómicos indica que todos los estratos no poseedores de vehículo se ven beneficiados, debido a la agilización de la circulación de buses. Lo contrario sucede con los propietarios de automóvil. El estrato que más pierde es el de ingreso medio alto, poseedor de dos o más automóviles.

Todos los escenarios implican una recaudación por concepto de tarifas, que en el caso máximo representan cifras superiores a 90 millones de dólares brutos, considerando 250 días efectivos al año.

## **5. Combinación de carriles segregados para buses con prohibición de estacionamientos**

### **a) Descripción**

Se combinan los carriles segregados para buses ya mencionados con la prohibición durante la hora punta de estacionar en el eje Providencia y en la zona Centro, en sitios sobre la calzada, sin y con parquímetro.

Los resultados principales se consignan en el cuadro V.7.

Cuadro V.7  
**SANTIAGO DE CHILE: CARRILES SEGREGADOS PARA BUSES, COMBINADOS  
 CON PROHIBICIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA VÍA PÚBLICA  
 (SIN Y CON PARQUÍMETRO). RESULTADOS DE LOS MODELOS  
 ESTRAUS, PARA LA HORA PUNTA, Y VERDI**

	Base	SE+Est
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+36 163
Tiempo total empleado (horas)	701 021	-52 668
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	+0.48
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-0.23
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	-0.09
Viaje medio en bus		
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	+0.07
Tiempo total viaje bus (min)	48	-4.37
Velocidad bus (km/h)	16	+2.73
Viaje medio en auto		
Distancia (km)	9.5	-0.05
Tiempo (min)	22	-1.17
Velocidad (km/h)	26	+1.34
Tramos congestionados (número)	140	-19
Ahorro recursos (millones dólares/año)		13.2
Beneficio usuarios (millones dólares/año)		92.8

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

SE + Est = Carriles segregados más prohibición de estacionamientos.

## b) Principales resultados obtenidos con ESTRAUS

Si bien es cierto que no puede hacerse una comparación exhaustiva, por haberse hecho las evaluaciones en forma separada, los resultados alcanzados no son muy diferentes de los obtenidos por los carriles segregados para buses. Esto era de esperarse, pues es poco lo que puede agregar la prohibición de estacionamiento en la vía pública en un sector que de por sí cuenta con pocas plazas de ese tipo.

Los cambios en la partición modal son pequeños, siendo mayores en el caso de los buses, que captan un 0.5% adicional.

Los tiempos de viaje en automóvil y en bus disminuyen, siendo muy superiores los logros para estos últimos, pues se reducen en más de 4 minutos. Ello incide en una importante merma del tiempo consumido en la hora punta. Las distancias recorridas no cambian sustancialmente.

La medida produce una disminución de 19 trechos congestionados.

### c) Principales resultados obtenidos con VERDI

El ahorro de recursos asciende a más de 13 millones de dólares anuales, que es una cifra modesta.

Al revés de lo que sucede con la tarificación, la evaluación por beneficio de los usuarios arroja resultados positivos, ascendente a casi 93 millones de dólares anuales, debido principalmente a los grandes ahorros de tiempo de los usuarios de bus, que son del orden de 42 000 horas cada hora punta. Todos los estratos socioeconómicos mejoran su situación al aplicar la medida.

Es posible disminuir la flota de buses en unas 570 unidades, ofreciendo el mismo nivel de servicio.

## 6. Combinación de carriles segregados para buses con tarificación vial

### a) Descripción

Se combinan los carriles segregados para buses con la tarificación vial de 2 000 pesos por ingresar a la zona delimitada por la Av. A. Vespucio.

Los resultados principales se consignan en el cuadro V.8.

Cuadro V.8  
**SANTIAGO DE CHILE: CARRILES SEGREGADOS PARA BUSES  
EN COMBINACIÓN CON TARIFICACIÓN VIAL DE 1 000 PESOS  
POR CRUZAR EL ANILLO AMÉRICO VESPUCIO.  
RESULTADOS DE LOS MODELOS ESTRAS,  
PARA LA HORA PUNTA, Y VERDI**

	Base	SE+AV2000
Distancia total recorrida (km)	10 411 568	+31 160
Tiempo total empleado (horas)	701 021	-69 952
Viajes en bus (porcentaje)	52.4	+2.16
Viajes en auto y taxi (porcentaje)	27.5	-2.15
Viajes en metro (porcentaje)	4.2	-0.04
Viaje medio en bus		
Distancia total incluida caminata (km)	9.7	+0.30
Tiempo total viaje bus (min)	48	-5.54
Velocidad bus (km/h)	16	+4.09
Viaje medio en auto		
Distancia (km)	9.7	-0.61
Tiempo (min)	22	-3.60
Velocidad (km/h)	26	+3.25
Tramos congestionados (número)	140	-70
Ahorro recursos (millones dólares/año)		+45.8
Beneficio usuarios (millones dólares/año)		-284.7
Pagan tarifa (autos/día)		27 877
Recaudación (millones dólares/día)		121.23

**Fuente:** G. Labarthe y D. Mery, "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos, 1999 y 2000.

SE + AV2000 = Carriles segregados en combinación con tarifa de 2 000 pesos por cruzar Av. A. Vespucio.

## **b) Principales resultados obtenidos con ESTRAUS**

Se observa que esta combinación de medidas es muy efectiva en cuanto a la partición modal, puesto que disminuye en más de 2% el número de usuarios de automóvil particular, y en tanto aumenta en esa misma magnitud el número de usuarios de bus.

Se aprecian importantes ganancias de tiempo (3.6 minutos) e incrementos en las velocidades (3.3 km/h) de los automóviles. Mucho más pronunciadas son las ganancias del transporte público, que ve disminuidos los tiempos de viaje en más de 5 minutos y elevada la velocidad en más de 4 km/h.

Se ahorran casi 70 000 horas durante la hora punta, lo que representa una disminución de un 10% en los tiempos de viaje totales. La mayor parte es captada por los usuarios de bus (más de 40 000 horas).

A su vez, los tramos congestionados se reducen en 70, es decir, la mitad del total.

## **c) Principales resultados obtenidos con VERDI**

Al igual que en los escenarios de tarificación vial, se observan resultados de signo contrapuesto entre la metodología de beneficios de usuarios y la de ahorro de recursos.

Los beneficios calculados mediante ahorro de recursos son positivos y ascienden a casi 46 millones de dólares anuales. En cambio, la evaluación por beneficio de los usuarios arroja pérdidas de casi 285 millones de dólares anuales. La mayor disminución de beneficios se produce para los usuarios de altos ingresos, propietarios de dos o más autos, en tanto que los estratos de bajos ingresos y que no poseen auto, obtienen un resultado positivo.

Las mayores velocidades de los buses permitirían reducir la flota en 900 unidades, lo que representa alrededor del 9% de ella.

La aplicación de la tarifa permitiría recaudar más de 30 millones de dólares brutos anuales.

# **D. RECOMENDACIONES PARA LA SITUACIÓN DE SANTIAGO**

## **1. Hay avances derivados de medidas anteriores**

Santiago de Chile es una ciudad que no parte de cero en el control de la congestión, razón por la que los resultados alcanzados por las modelaciones deben analizarse a partir de las condiciones existentes y que se mencionan en la sección A, número 2 de este capítulo. Habían contribuido significativamente a controlar la congestión el control centralizado de semáforos, los carriles exclusivos y los segregados para buses en dos avenidas, la ampliación de la red del metro, el mejoramiento sustancial de la señalización horizontal y vertical, el

rediseño de numerosas intersecciones, la racionalización local del trazado de vías y un cierto grado de prohibición de estacionamientos en la vía pública.

Es difícil cuantificar el aporte de las medidas que se habían adoptado con anterioridad, pero está claro que han permitido que las velocidades de circulación no hayan sufrido un deterioro muy grande. Posiblemente, el control centralizado de semáforos ha jugado un rol relevante; una buena demostración de ello fue el caos de circulación y la elevada congestión en numerosas partes de la ciudad que se produjo el día en que en un acto delictual fueron sustraídos los computadores y los semáforos quedaron entregados a su programación básica individual o se desactivaron.

## **2. Recapitulación de los resultados de las medidas**

Desde el punto de vista del ahorro de recursos, los resultados más plausibles corresponden a las vías segregadas para buses y algunos escenarios de tarificación. Al considerar los beneficios de los usuarios, destacan claramente los carriles segregados para buses, en tanto que todas las tarificaciones arrojan resultados negativos.

La prohibición de estacionamiento durante la hora punta en la zona céntrica, en sitios fuera de la calzada, ya sean pagados o gratuitos, también parece interesante. Sin embargo, tal vez sea aconsejable dejarla para más adelante, cuando deba darse un nuevo impulso al combate contra la congestión, tal vez sobre la base de ofrecer incentivos para no ir al trabajo en automóvil, siempre que exista un buen sistema de transporte público. De cualquier forma, habría que ser cuidadoso a fin de evitar que esta medida indujera el abandono del centro por parte de las empresas.

Son poco significativas o incluso en dos casos contraproducentes, la prohibición adicional a la existente de estacionamiento en la vía pública, los buses ejecutivos y la tarificación de la zona céntrica.

En términos de autosostenibilidad o financiamiento, las medidas de tarificación generarían ingresos suficientes para solventar los gastos que implican los sistemas de control y aun dejar excedentes, con la posible excepción de los casos de tarificación sólo del centro, cuya recaudación es exigua. Por el contrario, los carriles segregados requieren que alguien asuma su costo de implantación, que puede ser costosa si se necesitan expropiaciones, más la correspondiente conservación. Un sistema de buses ejecutivos tendría aparentemente solvencia financiera en sí mismo.

De lo expuesto, puede deducirse que la medida al parecer más apropiada y que significaría una importante reducción de la congestión para la condición de Santiago, es la instauración de carriles segregados para buses. Poco agregaría el aplicarla junto con prohibiciones adicionales de estacionamiento en la vía pública; este último aspecto puede manejarse mediante una permanente evaluación de cuáles calles deben seguir contando con estacionamiento en la calzada.

Si bien es cierto que implantar la tarificación vial, por sí misma o combinada con los carriles segregados, podría aumentar el número de trechos que se descongestionarían, no puede ignorarse que todas las evaluaciones son negativas al considerar los beneficios de los usuarios. Por lo demás, la tarificación es altamente resistida y parece dudosa la posibilidad de aprobar la legislación que la haga factible.

Sin perjuicio de establecer los carriles segregados, los buses ejecutivos de tamaño medio pueden ser una medida complementaria, siempre y cuando se autosostenga.

### **3. ¿Son extrapolables las recomendaciones?**

Cualquier conjunto de conclusiones debe considerarse en el contexto en que fueron deducidas, de modo que es aventurado dar orientaciones para otras ciudades sobre la base de los estudios efectuados para Santiago. En particular, esta urbe ha experimentado avances en el manejo de la congestión y en dichas condiciones es que resultan más recomendables los carriles segregados para buses.

No obstante, la misma evolución de Santiago permite llamar la atención hacia medidas que vale la pena considerar en otras ciudades, aunque siempre con los debidos estudios y adaptaciones a la realidad local.

Aparentemente, los mayores efectos positivos provendrían de un sistema centralizado de control de semáforos y de la instauración de carriles segregados para el transporte público, lo que podría conducir incluso a la reorganización de los recorridos en troncales y alimentadores. No podría tampoco dejarse de lado la racionalización de los estacionamientos en la vía pública, el mejoramiento de la señalización y la rectificación del diseño de intersecciones y el ancho de las vías, lo que debería constituir una tarea permanente.

## Capítulo VI

### CONGESTIÓN Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La congestión vehicular y la contaminación atmosférica son dos grandes problemas que aquejan a las ciudades modernas, especialmente en países en desarrollo. Ambos problemas tienen causas comunes. La congestión se produce por la operación de vehículos motorizados en calles y avenidas de capacidad limitada. La contaminación se produce porque las emisiones contaminantes, de las que los vehículos son responsables en una fracción importante, sobrepasan la capacidad de absorción y dilución de la cuenca en que se ubica la ciudad. Por lo tanto, será razonable esperar que las políticas de transporte y las medidas para reducir la congestión en una ciudad tengan también efecto en la contaminación atmosférica.

En este capítulo se describe la influencia de las medidas para reducir la congestión vehicular en las emisiones de contaminantes atmosféricos. Además, sobre la base de medidas para disminuir la congestión estudiadas para la ciudad de Santiago de Chile, se modela el impacto que los contaminantes tienen en la salud de la población, y finalmente se comparan los beneficios sociales provenientes de la reducción de la congestión con los derivados de la disminución de los contaminantes atmosféricos.

#### A. LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en dos grandes grupos: i) los que tienen efectos locales y regionales, y ii) los que tienen efectos globales o planetarios.

##### 1. Contaminantes atmosféricos de efecto local y regional

Los principales contaminantes atmosféricos son el material particulado, el dióxido de azufre, el monóxido de carbono, el ozono, los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. Además, muchos metales pesados se encuentran presentes en el material particulado en la atmósfera.

Se denominan contaminantes primarios aquéllos que son introducidos en la atmósfera directamente a raíz de los fenómenos que los causan; por su parte, se llaman contaminantes secundarios los que se forman en la atmósfera a partir de la presencia de contaminantes primarios.

El material particulado (MP) presente en la atmósfera es una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas, desde sal de mar y partículas de suelo hasta partículas de hollín producido por el uso de combustibles fósiles. El material particulado proveniente de la combustión se puede emitir directamente, en forma de carbono elemental y orgánico, o bien formarse en la atmósfera a partir de otros contaminantes. También se puede emitir material particulado al resuspender el polvo presente en las calles. El material particulado total presente en la atmósfera recibe el nombre de partículas totales en suspensión (PTS). Las partículas más finas se denominan de acuerdo con su tamaño; por ejemplo,  $PM_{10}$  designa a todas las partículas con diámetro inferior a 10 micrones<sup>1</sup>, y  $PM_{2.5}$ , las inferiores a 2.5 micrones.

El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso ( $SO_2$ ) es un gas incoloro, que se produce debido a la presencia de azufre en el combustible, principalmente diesel. Se oxida posteriormente en la atmósfera, produciendo sulfatos, que forman parte del material particulado. El  $SO_2$  en presencia de material particulado forma una mezcla letal, que fue responsable de episodios como el de Londres en 1952, en que hubo miles de fallecimientos.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro, que se produce debido a la combustión incompleta. El CO impide el transporte de oxígeno en la sangre, y en concentraciones altas produce la muerte.

El ozono, un oxidante, es el principal de los contaminantes atmosféricos que forman el llamado *smog* fotoquímico, que se produce en la atmósfera por reacciones químicas en presencia de radiación ultravioleta. Los aerosoles que se forman como parte del mecanismo fotoquímico causan una reducción de la visibilidad, dándole a la atmósfera una apariencia café rojiza.

Con respecto a los óxidos de nitrógeno, los más relevantes son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ). El  $NO_2$  absorbe luz en el rango visible, lo que produce merma de la visibilidad. El  $NO_2$  participa en la cadena de reacciones que conducen a la formación de *smog* fotoquímico.

Por último, muchos metales pesados pueden encontrarse presentes en la atmósfera. De ellos, el plomo es tal vez el más común, debido a su uso como aditivo en las gasolinas normales.

## **2. Impactos de los contaminantes atmosféricos de efecto local y regional**

Los contaminantes atmosféricos pueden tener variados efectos. Los principales son la incidencia en la salud de la población, los perjuicios a la vegetación y ecosistemas, los daños a materiales, y la reducción de visibilidad. Debido a su

---

<sup>1</sup> Un micrón corresponde a una milésima parte de un milímetro.

mayor importancia, el análisis se centra en sus efectos en la salud humana, aunque no deben desconocerse los demás impactos.

No existen ya dudas de que la contaminación atmosférica produce efectos nocivos en la salud de la población. Los terribles episodios de mediados del siglo pasado en Londres, Inglaterra, Donora, Pennsylvania, en los Estados Unidos, y el valle del Mosa en Bélgica, han mostrado sin lugar a dudas que los niveles altos de contaminación pueden producir efectos dañinos, incluyendo un aumento de la mortalidad en la población expuesta. Numerosos estudios epidemiológicos realizados en los últimos 30 años han mostrado que los niveles actuales de contaminación también producen efectos negativos. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizan continuamente análisis y estudios para cuantificar el daño en la salud provocado por la contaminación atmosférica.

Los contaminantes producen una gran variedad de efectos en la salud, los principales de los cuales se muestran en el cuadro VI.1, que resume el conocimiento actual. Una excelente revisión del estado del arte con respecto a los impactos de los contaminantes atmosféricos en la salud se encuentra en Holgate y otros (1999).

Cuadro VI.1  
**PROBLEMAS DE SALUD QUE AUMENTAN SU INCIDENCIA  
POR EFECTO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS**

Efectos cuantificables	Efectos aún no cuantificables
Mortalidad (adultos mayores)	Inducción de asma
Mortalidad (infantil)	Efectos de desarrollo fetales/neonatales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratorias
Bronquitis - crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas (no bronquitis)
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias (respiratorias y cardiovasculares)	Cáncer pulmonar
Visitas a sala de urgencia	Efectos conductuales
Enfermedades respiratorias (altas y bajas)	Desórdenes neurológicos
Síntomas respiratorios	Exacerbación de alergias
Días de ausentismo laboral	Alteración de mecanismos de defensa
Días con actividad restringida	Daño a células respiratorias
	Menor tiempo de desarrollo de angina
	Cambios morfológicos en el pulmón
	Arritmia cardiovascular

**Fuente:** Adaptado de U.S. Environmental Protection Agency (EPA), "The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1990 to 2010", Informe EPA-410-R-99-001, preparado para el Congreso de los Estados Unidos, 1999.

### 3. Los contaminantes globales y su efecto

Los principales contaminantes globales son los llamados gases efecto invernadero (GEI). Los más importantes son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y el ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Estos gases atrapan la radiación infrarroja reemitida al espacio por la Tierra, por lo que un

incremento en su concentración produce el calentamiento de la atmósfera (PICC, 2001), con consecuencias en el clima, como es un aumento de fenómenos climáticos extremos. Estos gases tienen una larga vida y se distribuyen en toda la atmósfera, de modo que su efecto no depende del lugar en que se emitan.

## B. INCIDENCIA DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN LA CONTAMINACIÓN

### 1. Tipos de contaminantes emitidos por los vehículos

Los vehículos motorizados son una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos en las grandes ciudades. Los vehículos motorizados propulsados por motores de combustión interna producen en general tres tipos de emisiones contaminantes: las emisiones por el tubo de escape, las evaporativas, y el levantamiento de polvo de las calles (véase el cuadro VI.2).

Cuadro VI.2  
PRINCIPALES CONTAMINANTES EMITIDOS POR VEHÍCULOS MOTORIZADOS

Tipo de emisión	Contaminantes primarios emitidos a la atmósfera
Por tubo de escape	CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , HC, Pb (caso gasolinas con plomo), NH <sub>3</sub> (especialmente vehículos de gasolina con convertidor catalítico), CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, MP (sólo vehículos diesel)
Evaporativas	HC (hidrocarburos)
Levantamiento de polvo de calles	Polvo de calles (material de la corteza terrestre, más contaminantes depositados en ella)

**Fuente:** Elaboración propia.

CO = Monóxido de carbono; NO<sub>x</sub> = Óxidos nítricos; SO<sub>2</sub> = Dióxido de azufre;  
HC = Hidrocarburos; Pb = Plomo; NH<sub>3</sub> = Amoníaco; CO<sub>2</sub> = Dióxido de carbono;  
CH<sub>4</sub> = Metano; N<sub>2</sub>O = Óxido nitroso; MP = Material particulado.

#### a) Emisiones por el tubo de escape

Las emisiones por el tubo de escape son producto de la combustión del combustible (sea este gasolina, diesel, u otro derivado del petróleo). Debido a que la combustión no es perfecta, se produce una serie de contaminantes, como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible, como el plomo y el azufre, se

liberan al ambiente a través del proceso de combustión. Las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, como de su tecnología y tamaño del motor; por ejemplo, los vehículos más pesados tienden a tener emisiones unitarias (emisiones por cada kilómetro recorrido) mayores que los vehículos livianos. Las emisiones dependen también de la presencia de elementos de reducción de emisiones como convertidores catalíticos; del estado de mantención del vehículo; de factores operacionales, como la velocidad de circulación, el nivel las aceleraciones y las características del combustible, como el contenido de azufre.

#### **b) Emisiones evaporativas**

Las emisiones evaporativas corresponden a la evaporación del combustible a la atmósfera. Se trata por lo tanto de hidrocarburos (HC). Su magnitud depende de las características del vehículo, factores operacionales como el número y frecuencia de detenciones, factores geográficos y meteorológicos, como la altura y temperatura ambiente, y principalmente, la presión de vapor del combustible.

#### **c) Levantamiento de polvo**

Las emisiones por levantamiento de polvo de las calles dependen del peso del vehículo y su velocidad de circulación, y también de características de la vía, como del flujo promedio de vehículos en ella; por cierto, dependen también de la cantidad de material sólido depositado en las calles, susceptible de ser levantado por los vehículos que circulan. A diferencia del material particulado emitido por el tubo de escape de vehículos diesel, el material particulado levantado por la circulación de los vehículos corresponde principalmente a material inerte de la corteza terrestre (polvo), que puede contener además otros contaminantes que se han depositado después de haber sido emitidos a la atmósfera. La composición de este material particulado dependerá entonces de la ciudad o lugar de que se trate.

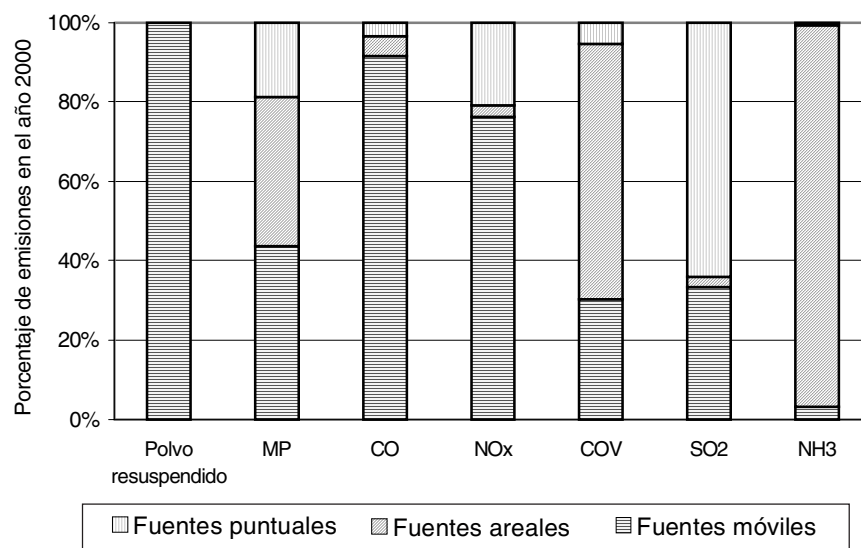
#### **d) Contaminantes secundarios**

Además, es necesario resaltar que los contaminantes primarios que se emiten a la atmósfera pueden reaccionar en ella, formando los llamados contaminantes secundarios, de los cuales los más importantes son el material particulado secundario (que forma parte del material particulado fino o  $PM_{2.5}$ ) y el ozono. En Santiago de Chile, se estima que más del 60% del material particulado fino corresponde a material secundario (CONAMA, 2001a).

## 2. Importancia relativa de los contaminantes generados por los vehículos

Los vehículos generan un importante aporte a las emisiones en una ciudad, que varía en función de múltiples factores locales. A título de ejemplo, el gráfico VI.1 muestra la situación de Santiago de Chile el año 2000, que revela que las fuentes móviles constituyen un porcentaje importante de las emisiones de contaminantes primarios.

Gráfico VI.1  
INCIDENCIA DE LAS FUENTES MÓVILES EN LA EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO DE CHILE



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base del inventario de emisiones del Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), *Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana*, Santiago de Chile, agosto de 2000.

MP = Material particulado; CO = Monóxido de carbono; NO<sub>x</sub> = Óxidos de nitrógeno; COV = Compuestos orgánicos volátiles; SO<sub>2</sub> = Dióxido de azufre; NH<sub>3</sub> = Amoníaco.

Además, se estima que para el año 2000 las fuentes móviles eran responsables de aproximadamente el 48% del material particulado fino presente en la atmósfera, del que se estima que los buses aportan 21%, los camiones, 12%, y los vehículos livianos, 15% (CONAMA, 2001a).

### 3. Una manera de estimar la cantidad de contaminantes emitidos por los vehículos

En general, todos los vehículos de combustión interna producen emisiones contaminantes, producto de la combustión. Como se dijo antes, las emisiones dependen de las características del vehículo y su operación. Las emisiones que interesan aquí son las de toda la flota de vehículos que opera en una ciudad, que pueden ser descritas en forma simplificada por medio de la siguiente fórmula:

$$E^c = \sum_{m=1}^M [FE_m^c(V_m) \cdot DT_m]$$

Donde:

$E^c$  son las emisiones totales de un cierto contaminante C (por ejemplo,  $NO_x$ , CO, HC)

m son los modos de transporte que operan en una ciudad (auto, bus, taxi, u otros)

$FE_m^c(V_m)$  es el llamado “Factor de emisión” del contaminante C, correspondiente al modo (tipo de vehículo) m. En otras palabras, es la cantidad de contaminante C que emite cada tipo de vehículo al recorrer un kilómetro.

$V_m$  es la velocidad de circulación de los vehículos del modo m.

$DT_m$  es la distancia total recorrida por el modo m durante un cierto período.

Generalmente, los factores de emisión se miden en gramos por kilómetro recorrido, la distancia en kilómetros por día, y las emisiones totales se expresan en kilogramos o toneladas por día.

La fórmula indica que la cantidad total de cada contaminante se calcula como la suma de los contaminantes producidos por cada tipo de vehículo. Éstos, a su vez, se calculan como lo que cada tipo de vehículo emite por kilómetro, según la velocidad a que circula, multiplicado por la totalidad de los kilómetros recorridos.

### C. EFECTOS SOBRE LA CONTAMINACIÓN AL DISMINUIR LA CONGESTIÓN

Al tomarse medidas contra la congestión, el impacto primario es el cambio en las velocidades de desplazamiento de los distintos modos de transporte. Analizando la fórmula sobre emisiones y sus derivaciones en función de la variación de las velocidades, aparecen dos efectos simultáneos que inciden en las emisiones:

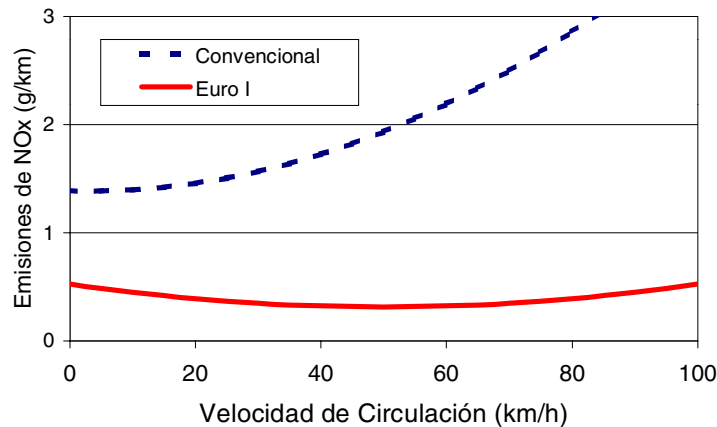
- Cambia el factor de emisión del modo, debido al cambio en su velocidad de operación, y
- Cambia la distancia recorrida por cada modo.

### 1. Cambio en los factores de emisión debido al cambio en la velocidad de circulación

El factor de emisión, o cantidad de contaminantes emitidos por kilómetro por cada tipo de vehículo, depende de la tecnología del vehículo y varía de acuerdo a la velocidad de circulación (gráficos VI.2 y VI.3). El factor de emisión depende también de la aceleración de los vehículos y ésta, a su vez, está relacionada con la velocidad y el ciclo de conducción.

La tecnología se refiere al tratamiento de las emisiones por parte de cada vehículo, y según cual sea, genera distintos niveles. En este contexto son relevantes los estándares Euro, establecidos por la Unión Europea. Euro I rigió en Europa hasta 1996, y su cumplimiento requiere generalmente convertidor catalítico de 3 vías. En dicha fecha fue reemplazado por Euro II, que a su vez fue reemplazado en 2000 por Euro III, norma más exigente actualmente en vigencia. En los Estados Unidos se establecieron para vehículos pesados los estándares EPA91, EPA94 y EPA98, similares respectivamente a Euro I, Euro II y Euro III. Por su parte, un vehículo convencional no tiene ningún sistema de control de emisiones.

Gráfico VI.2  
EMISIONES UNITARIAS DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>)  
DE VEHÍCULOS EURO I Y CONVENCIONALES



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de European Environmental Agency (EEA), 2000, "COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors", technical report No. 49 ([http://reports.eea.eu.int/Technical\\_report\\_No\\_49/en](http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_49/en)), 2000.

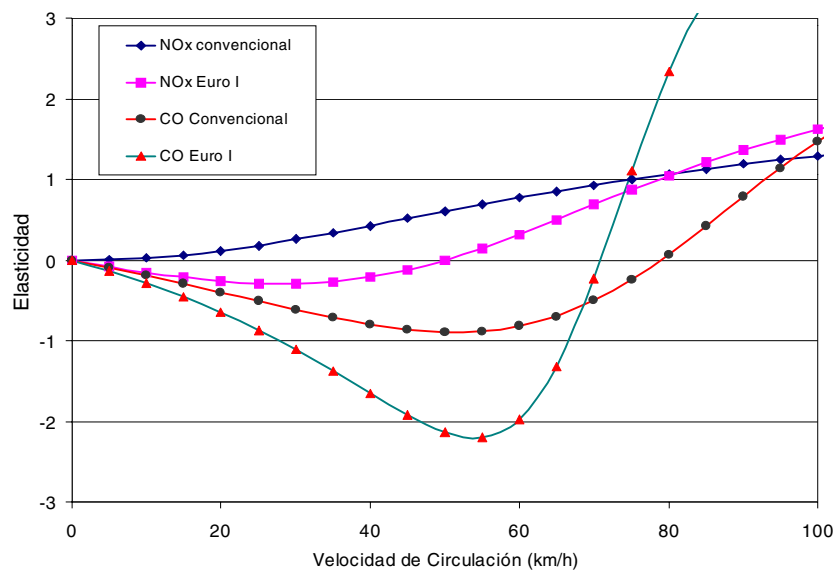
Se observa que en el caso de un vehículo que cumple con la norma Euro I, a medida que aumenta la velocidad, las emisiones disminuyen, producto de una operación más eficiente del vehículo. Sin embargo, a partir de una cierta velocidad, que para el óxido de nitrógeno es de aproximadamente 50 km/h, las emisiones

comienzan a aumentar, debido al mayor gasto de energía necesario para mover el vehículo a velocidades mayores. Para un vehículo convencional, las emisiones siempre aumentan con la velocidad.

De este modo, si una medida para reducir la congestión se traduce en un aumento de la velocidad de operación, se produce una disminución de emisiones de los vehículos catalíticos, debido al efecto de la velocidad, siempre que ella esté por debajo del punto en que las emisiones comienzan a aumentar. Esta condición se cumple casi siempre en un área urbana. Por ejemplo, la velocidad promedio de circulación de los vehículos particulares en Santiago de Chile es de 26 km/h para la hora punta de la mañana. Dependiendo de la composición de tecnologías del parque vehicular y de las velocidades de circulación promedio, una medida que reduzca la congestión derivará en una disminución o un aumento de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

El comportamiento de las emisiones unitarias con respecto a la velocidad de circulación varía según el contaminante y la tecnología. En general, para todos los contaminantes de interés, las emisiones disminuyen conforme aumenta la velocidad de desplazamiento (véase el gráfico VI.3).

Gráfico VI.3  
VARIACIÓN UNITARIA DE LAS EMISIONES EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD  
Y LA TECNOLOGÍA DE LOS VEHÍCULOS



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de European Environmental Agency (EEA), 2000, "COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors", technical report No. 49 ([http://reports.eea.eu.int/Technical\\_report\\_No\\_49/en](http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_49/en)), 2000.

NO<sub>x</sub> = Óxidos de nitrógeno.

CO = Monóxido de carbono.

La elasticidad es el cambio porcentual de emisiones cuando la velocidad de circulación varía en 1%. Los valores negativos indican que las emisiones disminuyen a medida que aumenta la velocidad y viceversa.

Se observa que para el monóxido de carbono, hasta una cierta velocidad, las emisiones disminuyen cuando aumenta la velocidad. Esta situación se revierte a los 70 u 80 km/h, dependiendo de que se trate de vehículos Euro I o convencionales. Se deduce que es improbable que una medida que reduzca la congestión pudiese aumentar las emisiones. Sin embargo, para los óxidos de nitrógeno la situación es diferente, como se ya comentó anteriormente y se corrobora en esta figura.

## **2. Cambio en la distancia recorrida por cada modo**

El segundo efecto de una medida que apunta a reducir la congestión es la variación en la distancia total recorrida por cada uno de los modos, lo que se debe a que hay viajeros que cambian de modo de transporte para sus desplazamientos. En este caso, los descensos o alzas en las emisiones totales dependerán fuertemente del tipo de medida. Si los modos de transporte menos contaminantes aumentan su distancia recorrida, la medida producirá una disminución de las emisiones totales y viceversa.

Como se mostró en los capítulos III y IV, las medidas tendientes a reducir la congestión se pueden clasificar en las que actúan sobre la oferta y las que lo hacen sobre la demanda. En general, las medidas que modifican la oferta favoreciendo el uso del automóvil, como el rediseño, el ensanche o la construcción de rutas y vías expresas, pueden inducir un incremento en la distancia recorrida por ellos, lo que producirá un incremento de sus emisiones y, posiblemente, de las emisiones totales. A la inversa, medidas que rebajen la demanda por viajar en automóvil, como sería el efecto de corto plazo de la tarificación vial, pueden derivar en una disminución de las distancias recorridas por ellos, con lo que las emisiones totales descenderían.

## **3. Cambio en el consumo de combustible**

El cambio en la velocidad de circulación y la distancia total recorrida por cada modo afecta también al consumo total de cada combustible. Las emisiones de algunos contaminantes, como el CO<sub>2</sub>, el azufre y el plomo, dependen directamente del consumo del combustible que los contiene, por lo que sus emisiones cambian en forma proporcional.

## **D. RESULTADOS DE ALGUNAS MEDIDAS ESTUDIADAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN EN SANTIAGO DE CHILE**

En el capítulo V se dio cuenta del estudio realizado acerca de varias medidas tendientes a reducir la congestión en Santiago de Chile, empleando los modelos ESTRAUS y VERDI. Para algunas de estas medidas se realizó el análisis del efecto que tendría su implantación en la emisión de contaminantes, cuyos resultados se entregan resumidos a continuación.

### **1. Descripción de las medidas analizadas**

Se analizaron tres medidas de tarificación vial con diferentes grados de cobertura y valor de tarifa, y el establecimiento de buses ejecutivos:

- Tarificación C1000: Consiste en el cobro de 1 000 pesos por el ingreso al área que comprende el centro y la zona circundante de la Avenida Providencia.
- Tarificación AV1000: Consiste en el cobro de 1 000 pesos por el ingreso al área formada por la circunvalación Américo Vespucio. Esta área abarca gran parte de la zona poblada de la ciudad.
- Combinación SE+AV2000: Consiste en el establecimiento de carriles segregados para el transporte público, en conjunto con el cobro de 2 000 pesos por el ingreso al área formada por la circunvalación Américo Vespucio.
- Busej2: Establecimiento de un servicio de buses con vehículos de alto estándar, con capacidad para 40 personas y frecuencia de 5 veces por hora.

Los alcances específicos de estas medidas pueden consultarse en el capítulo V.

### **2. El modelo MODEM para calcular emisiones**

El modelo MODEM es un programa computacional, desarrollado por encargo del Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), que permite calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas por fuentes móviles. Este modelo emplea como datos de entrada los resultados de volúmenes de tránsito y velocidades proporcionados por el modelo ESTRAUS, y entrega las emisiones de contaminantes generadas por cada uno de los modos de transporte. Más detalles del modelo MODEM se pueden encontrar en Universidad de Chile (2000).

#### **a) Contaminantes considerados**

Los contaminantes considerados por MODEM son el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos totales (HCT), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y el material particulado respirable (MP). Además, se

incluyen estimaciones de los siguientes gases de efecto invernadero: óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ).

Las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se estimaron a partir del consumo de combustible, usando los factores de emisión propuestos por COPERT (EEA, 2000). Las emisiones de anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) se determinaron mediante simple análisis del contenido de azufre en el combustible diesel consumido en Santiago. Actualmente, el contenido es de 300 partes por millón, lo que es bajo, considerando que en algunas ciudades de América Latina puede llegar hasta 1 000 o más partes por millón. No se consideraron emisiones de plomo, debido a que en Santiago no se expende gasolina con plomo desde el año 2000.

El cambio en las emisiones de polvo resuspendido de las calles no fue calculado. En todo caso, como se ve en el cuadro VI.8, el impacto que ellas producen en el bienestar de la población es bastante menor que el de las emisiones de los otros contaminantes.

## b) Tipos de vehículos considerados

El análisis se realiza agrupando los vehículos en 18 categorías, según su tipo y estándar de emisión. El siguiente cuadro muestra los tipos de vehículos considerados.

Cuadro VI.3  
**CATEGORÍAS DE VEHÍCULOS CONSIDERADOS  
POR EL MODELO MODEM**

Buses de transporte público sin control de emisión
Buses de transporte público EPA91 o Euro I
Buses de transporte público EPA94 o Euro II
Buses de servicio interurbano
Buses tipo <i>pullman</i>
Camiones de 2 ejes
Camiones de más de 2 ejes
Vehículos comerciales livianos catalíticos
Vehículos comerciales livianos no catalíticos
Vehículos comerciales livianos diesel
Taxis normales catalíticos
Taxis normales no catalíticos
Taxis colectivos catalíticos
Taxis colectivos no catalíticos
Automóviles catalíticos
Automóviles no catalíticos
Motocicletas de 2 tiempos
Motocicletas de 4 tiempos

**Fuente:** Departamento de Ingeniería Mecánica, "MODEM, Informe final", trabajo preparado para el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), Santiago de Chile, Universidad de Chile, enero de 2000.

En otras palabras, se consideran los mismos tipos de vehículos del modelo ESTRAUS, pero diferenciados según la tecnología de emisiones.

Los buses de transporte público son los de una capacidad aproximada de 35 a 40 pasajeros sentados. Se consideran tres tecnologías, correspondientes a los estándares EPA91 (o Euro I) y EPA94 (o Euro II), y los buses sin ningún control de emisiones. En Chile, a partir de septiembre de 2002, está en vigencia para buses nuevos el estándar Euro III, pero el parque de buses existente está compuesto por vehículos de otras tecnologías.

No se hace ninguna distinción según tecnología para los camiones y buses interurbanos.

Los vehículos comerciales son vehículos medianos, como camionetas y furgones, de un peso no mayor de 3.5 ton. No se hace distinción de tecnología de reducción de emisiones para los diesel, debido a su reducido número; sin embargo, esta situación está cambiando en Chile a consecuencia del sostenido aumento del precio de los combustibles.

Aunque existe un importante parque de automóviles convencionales, todos los vendidos en la Región Metropolitana de Santiago a partir de 1992 deben cumplir con la norma de emisión Tier 0 (norma de los Estados Unidos), que en la práctica requiere el uso de un convertidor catalítico de 3 vías (como es el caso de Euro I). A contar de 2003, los vehículos livianos deben cumplir con la norma Tier I, todavía más exigente, aunque a septiembre de 2001, más del 90% de los vehículos catalíticos nuevos ya cumplía con ella.

La composición relativa de los tipos de vehículos evoluciona en el tiempo. Por ejemplo, como ya se mencionó, a partir de septiembre de 2002, los buses en Santiago deben cumplir con el estándar EPA98 (Euro III), por lo que esta categoría deberá incorporarse al modelo, al igual que los vehículos livianos Tier I.

### **c) Cálculos realizados por MODEM**

El modelo MODEM calcula las emisiones producidas en cada tramo de la red de transporte, considerando todas las categorías vehiculares que circulan por ellos. Las emisiones totales de un determinado contaminante se obtienen al sumar las producidas en todos los segmentos viales, empleando períodos horarios, diarios y anuales.

La cobertura de cálculo abarca todo el Gran Santiago, aunque puede entregar resultados diferenciados por distintas zonas de la ciudad. Además se entregan otros resultados, como los consumos de los distintos combustibles y la densidad de flujos de tránsito. Éstos se pueden comparar con otras fuentes, como las estadísticas de consumo de combustible de la región, lo que permite chequear los resultados.

Los factores de emisión que utiliza el modelo han sido desarrollados sobre la base de los factores de emisión europeos propuestos en COPERT II y III (EEA, 2000), y de experiencias chilenas realizadas con vehículos livianos en el Centro de Control y Certificación Vehicular del Ministerio de Transporte

de Chile. Los factores de emisión consideran la velocidad de circulación para cada arco, y una corrección por aceleración, que depende de la velocidad de circulación.

### 3. Variación de las emisiones al aplicar las medidas contra la congestión

Los resultados del modelo ESTRASUS para las cuatro medidas enumeradas anteriormente son comentados en el capítulo V. Ellos fueron empleados por el modelo MODEM para calcular las variaciones que se producirían en las emisiones de contaminantes, si dichas medidas fueran aplicadas. A continuación se comentan los resultados obtenidos.

#### a) Cambio en las emisiones debido a las medidas de tarificación

Salvo excepciones, las medidas de tarificación muestran efectos positivos sobre las emisiones. La tarificación encarece la circulación en automóvil y ello induce el cambio a otros modos, como el bus. Como parece lógico, las reducciones de emisiones más significativas se obtienen al aplicarse tarifas mayores a áreas geográficas más extendidas (véanse los cuadros VI.4 y VI.6). En la medida de mayor alcance (SE+AV2000), la participación del modo de transporte privado (automóviles y taxis) disminuye en casi 2.2%; también se aprecia una notable mejoría en los tiempos de viaje de los buses, que se reducen en 5.5 minutos como promedio. Ello implica grandes bajas en los consumos de tiempo y en los flujos en la red, lo que en definitiva se traduce en menores emisiones de todos los contaminantes.

Cuadro VI.4  
**SANTIAGO DE CHILE: CAMBIO DE EMISIONES EN TONELADAS POR AÑO  
AL INTRODUCIR CARRILES SEGREGADOS PARA BUSES EN  
CONJUNTO CON TARIFICACIÓN VIAL DE 2 000 PESOS  
POR INGRESAR AL ANILLO AMÉRICO VESPUCIO**

Tipo de vehículo	Contaminante								
	MP	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Buses de transporte público	-48	-251	-154	-500	-5.8	0.0	-30 077	0.0	0.0
Buses interurbanos	-9	-43	-21	-99	-1.0	0.0	-5 363	0.0	0.0
Camiones	-108	-435	-287	-1 129	-14.7	-0.2	-77 034	-2.3	-7.9
Autos	0	-14 827	-856	-924	0.0	-28.3	-214 463	-21.4	-81.6
Taxis	0	-2 479	-146	-183	0.0	-11.6	-65 741	-8.4	-19.7
Vehículos comerciales	-15	-4 435	-476	-372	0.0	-8.7	-138 307	-2.9	-32.9
Motos	0	-382	-127	-1	0.0	-0.1	-2 980	-0.1	-3.0
<b>Total</b>	<b>-180</b>	<b>-22 851</b>	<b>-2 068</b>	<b>-3 208</b>	<b>-21.5</b>	<b>-48.9</b>	<b>-533 966</b>	<b>-35.1</b>	<b>-145.1</b>
<b>Total -%)</b>	<b>-11</b>	<b>-18</b>	<b>-16</b>	<b>-10</b>	<b>-7.1</b>	<b>-12</b>	<b>-12.6</b>	<b>-11</b>	<b>-13</b>

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los resultados obtenidos mediante procesamientos con modelo MODEM.

MP = Material particulado; CO = Monóxido de carbono; HC = Hidrocarburos; NO<sub>x</sub> = Óxidos nítricos; SO<sub>2</sub> = Anhídrido sulfuroso; NH<sub>3</sub> = Amoníaco; CO<sub>2</sub> = Anhídrido carbónico; N<sub>2</sub>O = Óxido nitroso; CH<sub>4</sub> = Metano.

Esta medida produciría una reducción de 18% en las emisiones de CO, principalmente debido a la menor circulación de automóviles, que emitirían 14 827 toneladas menos por año. Otro resultado relevante es la merma en 10% de las emisiones de NO<sub>x</sub>, con fuertes disminuciones en los modos camiones (1 129 toneladas menos por año) y automóviles (924 toneladas menos anuales).

#### b) Cambio en las emisiones debido a la introducción de buses ejecutivos

Esta medida produce un aumento de emisiones totales, que se explica por el aumento en los tiempos de viaje de casi todos los modos, debido a la incorporación de los nuevos buses. La excepción son los buses normales, cuya disminución de emisiones no alcanza a compensar el alza de las de los demás.

Cuadro VI.5  
**SANTIAGO DE CHILE: CAMBIO DE EMISIONES EN TONELADAS POR AÑO  
A CAUSA DE LA INCORPORACIÓN DE BUSES EJECUTIVOS**

Tipo de vehículo	Contaminantes								
	MP	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Buses de transporte público <sup>a</sup>	-3.1	-16.3	-14.2	-24.5	-0.2	0.0	-1 295	0.0	0.0
Buses interurbanos	0.6	2.6	0.9	6.4	0.1	0.0	360	0.0	0.0
Camiones	16.9	66.7	45.2	175.2	2.3	0.0	11 816	0.3	1.1
Autos particulares	0.0	1 838.5	93.9	90.0	0.0	2.6	21 731	2.0	9.1
Taxis	0.0	302.4	16.4	20.4	0.0	1.3	6 997	0.9	2.1
Vehículos comerciales	1.7	574.1	59.7	44.2	0.0	1.1	16 344	0.4	3.9
Motos	0.0	46.7	16.0	0.2	0.0	0.0	369	0.0	0.4
<b>Total</b>	<b>16.1</b>	<b>2 815</b>	<b>218</b>	<b>312</b>	<b>2.1</b>	<b>5.0</b>	<b>56 322</b>	<b>3.6</b>	<b>16.6</b>
<b>Total ( % )</b>	<b>1.0</b>	<b>2.2</b>	<b>1.7</b>	<b>1.0</b>	<b>0.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>	<b>1.5</b>

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los resultados obtenidos mediante procesamientos con modelo MODEM.

MP = Material particulado; CO = Monóxido de carbono; HC = Hidrocarburos; NO<sub>x</sub> = Óxidos nítricos; SO<sub>2</sub> = Anhídrido sulfuroso; NH<sub>3</sub> = Amoníaco; CO<sub>2</sub> = Anhídrido carbónico; N<sub>2</sub>O = Óxido nitroso; CH<sub>4</sub> = Metano.

<sup>a</sup> Incluye buses ejecutivos.

El mayor aumento porcentual ocurre para el CO, con 2.2%, que obedece sobre todo a la mayor emisión de CO de automóviles, taxis y vehículos comerciales. El sector camiones produce el aumento más significativo en las emisiones de NO<sub>x</sub> (175 ton/año) y de MP (16.9 ton/año).

#### c) Resumen de los cambios de emisiones

El cuadro VI.6 expresa los resultados del cambio de emisiones como porcentaje con respecto al caso base. Cabe mencionar que los resultados aquí presentados no reflejan los efectos de largo plazo, como el cambio en el uso de suelo inducido por las medidas de tarificación, en conformidad a lo comentado antes (capítulo IV, sección G). Se puede observar que la tarificación vial más restringida (C1000) también arroja como resultado un aumento de las emisiones de efecto global.

Cuadro VI.6  
**SANTIAGO DE CHILE: VARIACIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES TOTALES  
PARA CADA MEDIDA ANALIZADA**

Medida	Contaminantes locales					Contaminantes globales			
	MP	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
C1000	-0.9%	0.7%	0.2%	-0.3%	-0.5%	0.3%	0.4%	0.2%	0.3%
AV1000	-7.2%	-13.0%	-11.7%	-7.0%	-4.7%	-9.4%	-9.3%	-8.5%	-9.4%
SE+AV2000	-11.0%	-17.9%	-16.3%	-9.8%	-7.1%	-11.8%	-12.6%	-10.7%	-11.8%
Busej2	1.0%	2.2%	1.7%	1.0%	1.3%	1.2%	1.3%	1.1%	1.2%

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de los resultados obtenidos mediante procesamientos con modelo MODEM.

MP = Material particulado; CO = Monóxido de carbono; HC = Hidrocarburos; NO<sub>x</sub> = Óxidos nítricos; SO<sub>2</sub> = Anhídrico sulfuroso; NH<sub>3</sub> = Amoníaco; CO<sub>2</sub> = Anhídrico carbónico; N<sub>2</sub>O = Óxido nitroso; CH<sub>4</sub> = Metano. C1000 = Cobro de 1 000 pesos por ingreso a centro y periferia de Av. Providencia; AV1000 = Cobro de 1 000 pesos por ingreso al área circundada por Av. A. Vespucio; SE+AV2000 = Carriles segregados junto con cobro de 2 000 pesos por ingreso al área circundada por Av. A. Vespucio; Busej2 = Buses de alto estándar.

#### 4. Cuantificación de efectos en la salud debidos a cambios en las emisiones

Es posible valorizar los efectos en la salud debidos al cambio en los niveles de contaminación derivado de la adopción de medidas, incluidas las orientadas a reducir la congestión. El proceso sigue los siguientes pasos:

- Determinación del cambio de concentraciones atmosféricas de contaminantes como resultado del cambio en las emisiones.
- Determinación del cambio en las incidencias sobre la salud de la población expuesta, resultantes del cambio en concentraciones ambientales de contaminantes.
- Cálculo de los beneficios o costos sociales debidos al cambio en la incidencia sobre la salud de la población.

A continuación se describe la metodología de valorización elaborada para la ciudad de Santiago de Chile, como parte de los estudios realizados para la evaluación del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana de Santiago (CONAMA, 2001b).

##### a) **Determinación del cambio de concentraciones atmosféricas de contaminantes como resultado del cambio en las emisiones**

La variación de la concentración de contaminantes puede obtenerse mediante modelos atmosféricos que permitan calcularla en función del cambio ocurrido en las emisiones. Otra opción es el empleo de modelos simplificados de *roll-back*; éstos consideran que existe una relación proporcional entre las concentraciones atmosféricas en una cuenca y las emisiones de los contaminantes que las producen, pudiéndose aceptar también la existencia de un nivel básico que no depende de las emisiones en la cuenca.

En el caso de Santiago se han usado modelos aproximados de *roll-back*, considerando todos los contaminantes primarios que contribuyen a formar el material particulado secundario, es decir, el anhídrido sulfuroso, el amoníaco, los óxidos de nitrógeno, el material particulado primario, y el polvo de calles resuspendido. En el caso del ozono, se han considerado como precursores sólo los óxidos de nitrógeno, que controlan las concentraciones de este contaminante en Santiago.

**b) Determinación del cambio en la incidencia sobre la salud de la población expuesta, resultante de la variación en las concentraciones ambientales de contaminantes**

Las llamadas funciones concentración-respuesta relacionan los cambios en las concentraciones atmosféricas de contaminantes con la incidencia que tienen sobre la salud de la población. Estas funciones se obtienen por medio de estudios epidemiológicos, que miden los efectos en una población expuesta, comparándolos con los distintos efectos en la misma población a lo largo del tiempo, o bien sobre otras poblaciones expuestas a niveles de contaminación diferentes.

En los últimos años se ha desarrollado una gran cantidad de esos estudios, que han permitido establecer relaciones cuantitativas para gran parte de los efectos presentados en el cuadro VI.1. Aunque la mayoría de los estudios han sido realizados en los Estados Unidos o Europa, un número creciente de ellos se está realizando en países en desarrollo.

Los efectos en Santiago fueron estimados sobre la base de funciones concentración-respuesta elaboradas en esta ciudad para mortalidad prematura y visitas de niños a salas de urgencia. Otras funciones se tomaron de la literatura especializada, especialmente de la evaluación realizada por la USEPA (EPA, 1999). Los efectos considerados son mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a sala de urgencia, incidencia de casos de bronquitis crónica y aguda, incidencia de ataques de asma, ausentismo laboral, y días con actividad restringida.

**c) Valores unitarios de los efectos en la salud**

La sociedad asigna valores a los efectos en la salud, que se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Costos de tratamiento, que son los costos directos del tratamiento médico (por ejemplo, el de un ingreso y permanencia en una sala de urgencia).
- Productividad perdida, que es el valor del trabajo dejado de realizar por la persona afectada (por ejemplo, la pérdida de trabajo debido a una hospitalización, si la persona afectada trabaja, o de la persona que cuida o acompaña a una persona enferma u hospitalizada).
- Pérdida de utilidad o de bienestar al sufrir un efecto, por ejemplo, el desagrado de sufrir un ataque de asma.

La determinación de los valores para cada uno de los efectos es materia de estudios específicos. Los dos primeros tipos de valores se pueden calcular cuantificando los costos directos de los efectos, por ejemplo, analizando los costos médicos de hospitalización por una cierta causa, y multiplicando la duración de la hospitalización y el período de convalecencia por el salario diario de la persona afectada.

El valor de la pérdida de bienestar o de utilidad se determina según estudios que miden la disposición a pagar de los individuos para reducir la incidencia de efectos adversos. Dentro de éstos, el más importante es el riesgo de muerte. Numerosos estudios se han realizado para estimar la disposición a pagar por esta causa. El análisis de la USEPA (EPA, 1999) comprende 26 estudios realizados en los Estados Unidos. Para la estimación en Santiago, se usaron los valores de los Estados Unidos transferidos a Chile en la proporción de los respectivos ingresos per cápita, en conjunto con los resultados de un estudio de valoración contingente realizado en Santiago (véase el cuadro VI.7).

Cuadro VI.7  
**VALORES UNITARIOS EN DÓLARES DE 1997 USADOS PARA CADA UNO  
DE LOS EFECTOS EN LA SALUD PRODUCIDOS  
POR LA CONTAMINACION AMBIENTAL**

Efecto adverso	Grupo de edad	Costos de tratamiento	Productividad perdida	Pérdida de bienestar	Total
Riesgo de muerte	Todos	-	61 166	498 834	560 000
Bronquitis crónica	> 30 años	1 811	39 809	-	41 620
Admisión hospitalaria respiratoria	Todos	958	179	-	1 137
Admisión hospitalaria cardiovascular	Todos	2 210	236	-	2 446
Visita de urgencia niños	3-15 años	33	138	-	170
Visita de urgencia respiratorias	Todos	10	52	-	61
Visita de urgencia por neumonía	< 15 años	127	8	-	135
Visita de urgencia por asma	0-64 años	47	86	-	133
Ataque de asma	Todos	-	-	5.1	5.1
Bronquitis aguda	8-12 años	-	-	6.9	6.9
Día con síntomas respiratorios	18-64 años	-	-	2.8	2.8
Día de ausentismo laboral	18-64 años	-	24.1	-	24.1
Día con actividad restringida	18-64 años	-	-	5.8	5.8

**Fuente:** L. Cifuentes, "Estimación de los beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana, *Generación de instrumentos de gestión ambiental para la actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago al año 2000*, documento preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.

**d) Cálculo de los beneficios o costos sociales debidos a variación de la emisión de un contaminante en una tonelada**

Combinando las tres etapas anteriores, se determina el beneficio o costo asociado respectivamente a la reducción o el aumento de una tonelada de emisión de cada uno de los contaminantes de interés (véase el cuadro VI.8). Es razonable determinar un valor único para cada contaminante, ya que las variaciones suceden en un rango en que la mayoría de las funciones son lineales.

Cuadro VI.8  
**VALOR DE LOS EFECTOS EN LA SALUD POR VARIACIÓN  
 DE LA EMISIÓN DE UNA TONELADA DE CONTAMINANTE**  
 (En miles de dólares por tonelada abatida)

Contaminante primario	Costo de tratamiento	Productividad perdida	Pérdida de bienestar	Total
Polvo resuspendido	0.013	0.14	0.54	0.69
Material particulado	1.063	11.64	43.2	55.9
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	0.055	0.60	2.2	2.9
Anhídrido sulfuroso (SO <sub>2</sub> )	0.279	3.05	11.3	14.7
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0.077	0.85	3.2	4.1

**Fuente:** Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), *Análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana*, Santiago de Chile, agosto de 2001; y L. Cifuentes, "Estimación de los beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana", *Generación de instrumentos de gestión ambiental para la actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago al año 2000*, documento preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.

Como se puede apreciar, el contaminante con mayor valor por tonelada abatida es el material particulado, seguido por el anhídrido sulfuroso y por el amoníaco. Del valor total, el costo de tratamiento representa aproximadamente un 2%, la productividad perdida el 21%, y el resto –la mayor fracción– corresponde a pérdida de bienestar, la que está dominada por la disposición de la población a pagar por reducir su riesgo de muerte. Es necesario destacar que estos son valores promedio.

#### e) Valores por tonelada abatida de gases de efecto invernadero

Aun cuando los países en desarrollo no tienen compromisos de reducción de gases de efecto invernadero, existe la opción de valorarlos sobre la base del "Mecanismo de Desarrollo Limpio", incluido en el Protocolo de Kyoto. Éste permite la venta de "bonos de carbono" a países que sí deben realizar obligatoriamente estas reducciones. El mercado no está totalmente desarrollado todavía, pero instituciones como el *Prototype Carbon Fund* (PCF) o Fondo Prototipo del Carbono, desarrollado por el Banco Mundial, han comprado reducciones de carbono a proyectos que disminuyen emisiones. Por ejemplo, en el Proyecto Chacabuco<sup>2</sup> realizado en Chile, recientemente el PCF compró reducciones a un valor de 3.5 dólares por la reducción de cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.<sup>3</sup> En el futuro, cuando aumente la demanda por reducciones de CO<sub>2</sub>, este precio debería subir. Basado en estas consideraciones, las reducciones de gases de efecto invernadero se valoraron en 3.5 y 10 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>2</sup> Véanse los detalles en el sitio web del Fondo (<http://www.prototypecarbonfund.com>).

<sup>3</sup> El CO<sub>2</sub> equivalente incluye, además del CO<sub>2</sub>, otros gases de efecto invernadero, debidamente ponderados por su potencial de calentamiento global (PCG). En este caso se consideró el metano, con un PCG de 21 y el óxido nitroso, con un PCG de 310, ambos valores sugeridos por PICC (2001).

**f) Cálculo de la variación de bienestar debido al cambio de la contaminación, producida por medidas contra la congestión. Comparación con los beneficios que ellas acarrearán para el sistema de transporte**

El último paso consiste en determinar el cambio en el bienestar social debido a la variación en la incidencia sobre la salud, multiplicando los cambios en toneladas abatidas que cada medida trae consigo por los valores monetarios correspondientes (véase el cuadro VI.9). Si los costos para la salud disminuyen, se trata de un beneficio y viceversa. En el cuadro se presentan también los beneficios o perjuicios de las mismas medidas para el sistema de transporte propiamente tal, con fines comparativos.

Cuadro VI.9  
**SANTIAGO DE CHILE: BENEFICIOS SOCIALES DE TRANSPORTE  
Y DE CONTAMINACIÓN CORRESPONDIENTES A MEDIDAS  
ANALIZADAS CONTRA LA CONGESTIÓN**  
(En millones de dólares por año)

Medida	Beneficios de transporte		Beneficios por contaminantes locales		Beneficios por contaminantes globales	
	Directos	Totales	Directos	Totales	@ 3.5 <sup>a</sup> US\$/tCO <sub>2</sub> e <sup>c</sup>	@ 10 <sup>b</sup> US\$/tCO <sub>2</sub> e <sup>c</sup>
C1000 <sup>d</sup>	3.26	-107.45	0.26	1.14	-0.05	-0.15
AV1000 <sup>e</sup>	24.81	-289.14	3.14	13.64	1.38	3.95
SE+AV2000 <sup>f</sup>	45.79	-284.69	4.57	19.87	1.87	5.34
Busej2 <sup>g</sup>	S/I	S/I	-0.42	-1.85	-0.20	-0.56

**Fuente:** Cálculos propios sobre la base de resultados de modelos VERDI y MODEM.

<sup>a</sup> A una tasa de 3.5 dólares.

<sup>b</sup> A una tasa de 10 dólares.

<sup>c</sup> Dólares por toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

<sup>d</sup> Cobro de 1 000 pesos por ingreso a centro y periferia Av. Providencia.

<sup>e</sup> Cobro de 1 000 pesos por ingreso a Av. A. Vespucio.

<sup>f</sup> Carriles segregados junto con cobro de 2 000 pesos por ingreso al área circundada por Av. A. Vespucio.

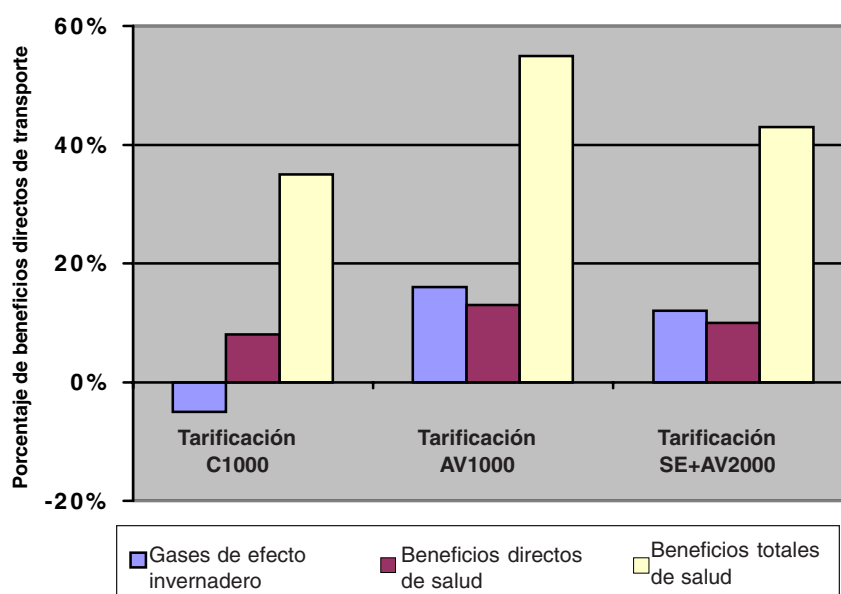
<sup>g</sup> Buses de alto estándar.

Ambos tipos de beneficios han sido separados en directos y totales. En el caso del transporte, los beneficios fueron calculados con el modelo VERDI (véase el capítulo V, sección B.2). Los beneficios directos son los correspondientes a ahorro de recursos (ahorros en costos de operación y de tiempo); los beneficios totales son los calculados por el método de beneficios de los usuarios e incluyen, además de los dos efectos indicados, los cambios en la utilidad o de excedente de los usuarios del sistema de transporte. En el caso de la contaminación, los beneficios directos incluyen los beneficios por costo de tratamiento y por pérdida de productividad, mientras que los totales comprenden además la disposición a pagar de los habitantes de Santiago por evitar los efectos negativos en la salud.

Se observa que las medidas de tarificación analizadas son en general positivas desde el punto de vista de la contaminación, en tanto que sucede lo contrario con los buses ejecutivos grandes, que tampoco se muestran propicios para reducir la congestión (véase el capítulo V, sección C.2). En el caso de las tarificaciones consideradas, los beneficios directos de transporte son positivos, pero pasan a ser negativos si se incluyen los beneficios de los usuarios, debido principalmente a la pérdida de utilidad de los que cambian su modo de transporte.

Los resultados muestran que los beneficios provenientes de la reducción de contaminación representan un beneficio adicional a los directos de transporte, equivaliendo a entre 8% y 13% de éstos; en tanto, los totales, incluyendo la disposición a pagar por evitar problemas de salud, se sitúan entre 35% y 55% de los beneficios directos de transporte (véase el gráfico VI.4). Una comparación con los beneficios totales de transporte no es racional, pues éstos son negativos para las medidas analizadas.

Gráfico VI.4  
**SANTIAGO DE CHILE: BENEFICIOS SOCIALES AMBIENTALES DE LAS MEDIDAS DE TARIFICACIÓN, COMO PORCENTAJE DE LOS BENEFICIOS DIRECTOS DE TRANSPORTE**



**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de resultados de modelos VERDI y MODEM.

C1000 Cobro de 1 000 pesos por ingreso a centro y periferia Av. Providencia.

AV1000 Cobro de 1 000 pesos por ingreso a área circundada por Av. A. Vespucio.

SE+AV2000 Carriles segregados para buses junto con cobro de 2 000 pesos por ingreso a área circundada por Av. A. Vespucio.

**Nota:** La reducción de gases de efecto invernadero está valorada en 10 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

## E. CONCLUSIONES

Las medidas para reducir la congestión afectan a todo el sistema de transporte que, en la mayoría de las ciudades del mundo, es uno de los principales responsables de los problemas de contaminación atmosférica. Es esperable entonces que una medida para reducir la congestión tenga también efectos en las emisiones de contaminantes atmosféricos.

En este capítulo se ha mostrado el efecto de cuatro medidas para reducir la congestión y las emisiones del sistema de transporte de la ciudad de Santiago de Chile. Los resultados denotan que la reducción de emisiones depende del tipo de medida. En los casos en que se actúa sobre la demanda por medio de tarificación vial, se producen reducciones en las emisiones del sistema de transporte, a lo menos en el corto plazo, que producen beneficios sociales importantes, aunque menores que los del sistema de transporte. Al introducir un nuevo modo de transporte –los buses ejecutivos de 40 pasajeros–, las emisiones totales del sistema aumentan, produciéndose un costo o perjuicio social neto.

Aunque este análisis ha sido realizado para Santiago, que es una ciudad altamente contaminada y donde el sector transporte es responsable de aproximadamente el 50% de las concentraciones ambientales de material particulado fino, los resultados pueden servir de referencia a otras ciudades de América Latina que tengan problemas de contaminación atmosférica, además de problemas de congestión. Los resultados sugieren que los efectos de la contaminación deben ser considerados en el momento de realizar un análisis costo-beneficio de las medidas de transporte. Una estrategia integrada para atacar estos dos problemas puede conducir a soluciones más eficientes que la aplicación de medidas aisladas para combatir cada uno de ellos en forma separada.

## Capítulo VII

### A MANERA DE CONCLUSIÓN

#### **1. Muchos usuarios prefieren la congestión antes que dejar el automóvil en casa**

La congestión de tránsito ha ido ganando terreno en todo el mundo, desarrollado o no, y todo indica que seguirá agravándose, siendo un peligro cierto que se cierne sobre la calidad de vida urbana. El explosivo aumento de la cantidad de automóviles y el indiscriminado deseo de usarlos, por razones de comodidad o estatus, especialmente en países en vías de desarrollo, ejercen una gran y creciente presión sobre la capacidad de las vías para acomodarlos.

No obstante, la situación parece no ser percibida como un problema mayor por amplios sectores de la ciudadanía de países en desarrollo e incluso por autoridades. En las encuestas de opinión, la congestión, cuando figura, ocupa bajos índices de preocupación, considerándose normalmente como de mayor importancia el desempleo, la delincuencia, la calidad de la salud y educación públicas, la pobreza y otros problemas. Particularmente en los países no desarrollados, los dueños de automóviles anhelan usarlos y soportan la congestión que les afecta; y los que aún no lo son esperan poder ser propietarios algún día. Más allá de las consabidas y reiteradas declaraciones de que la congestión es molesta y que las autoridades deberían ser más diligentes en combatirla, proveyendo más avenidas, no se advierten importantes evidencias de algún grado de desesperación o intolerancia frente a ella. Una de las escasas manifestaciones de ello es el uso de helicópteros para trasladarse en São Paulo, Brasil, opción restringida a personas de muy altos ingresos.

Si se trata de ir al trabajo o al lugar de estudio, no muchos dejan voluntariamente el automóvil en casa, a menos que encuentren grandes problemas para estacionar. El automóvil provee sin duda una mucho mejor movilidad personal y una sensación de seguridad, lo que explica que sea tan apetecido. Las encuestas de preferencias revelan un amplio favoritismo en comparación con los demás modos. Por esta razón, los actuales niveles

de congestión no logran alterar el balance que cada quien hace en su fuero interno, el que arroja una clara ventaja en favor del uso del automóvil, aunque exista un medio público alternativo sobre el mismo corredor que opere sobre vías independientes no congestionadas. Desde una perspectiva individual, la congestión es un problema molesto, pero de un costo inferior a quedar a pie.

Es evidente que, debido a las ventajas que representa el automóvil, los usuarios tienen disposición a tolerar un determinado nivel, aún no dilucidado, de congestión. Así que no es necesario ni tampoco posible eliminarla del todo, sino mantenerla bajo control; no sea que por intentarlo, se incurra en costos mayores que los ocasionados por la congestión misma.

## **2. Comenzar con medidas sobre la oferta**

Las medidas sobre la oferta, que no involucren expansión del espacio vial en zonas urbanas consolidadas, son generalmente bienvenidas, pues representan aumentos de capacidad de transporte y muchas veces no tienen costo directo para los usuarios. Aún está por verse en América Latina cómo se reaccionará ante una facilidad por la que se cobre, como es el caso de autopistas urbanas concesionadas, y si los inversionistas podrán recuperar la inversión.

Se da por subentendido y así se aduce con frecuencia, que es deber de las autoridades proporcionar siempre más y mejor infraestructura vial, en virtud de los impuestos pagados por los usuarios. La argumentación es comprensible, pues las autoridades tienen la obligación de administrar apropiadamente los recursos y perseguir el bien común, lo que incluye enfrentar la congestión. Sin embargo, no es lógico hacerlo sólo mediante más y más vías, puesto que ello no resuelve de manera eficiente, estable y ambientalmente sostenible los problemas observados. Es más, una amplia construcción de pasos a desnivel y autopistas urbanas puede llegar a ser contraproducente en el mediano o largo plazo y agravar la congestión. De ahí la importancia de considerar el impacto urbano y social asociado a las acciones sobre la infraestructura. No menos importante es que también la ciudadanía y los automovilistas lo entiendan así.

Por otra parte, las autoridades deben cautelar otros aspectos que también contribuyen al bien común, como es el desarrollo urbano dentro de cánones de elevada calidad de vida. Entre otras cosas, ello implica asegurar los espacios para peatones y paseantes, y preservar el patrimonio arquitectónico. También deben priorizar debidamente los gastos, lo que en última instancia desaconseja una ampliación interminable de la red vial, que en zonas urbanas consolidadas puede ser muy complicado y oneroso de hacer, a la vez que promueve un deterioro urbanístico del sector intervenido, aunque favorezca con la nueva infraestructura de transporte a otras áreas más alejadas.

Son muchas las deficiencias que presenta la vialidad urbana actual y que es necesario corregir. Considerando los deberes de las autoridades, parece lógico que inicien la lucha contra la congestión con acciones tales como el mejoramiento del diseño de intersecciones, una apropiada demarcación de las vías, una señalización racionalizada, y la corrección del ciclo de los semáforos. A ello puede agregarse el despeje de carriles destinados a estacionamientos y la reversibilidad del sentido de tránsito en las horas punta en avenidas principales. Estas medidas pueden traer importantes alivios para la congestión y tienen en general un bajo costo, siendo el conocimiento de la ingeniería de tránsito el principal requisito. Desde luego, no hay que descartar totalmente la construcción o el ensanche de vías, donde sea apropiado y factible, en el contexto de un desarrollo urbanístico armónico.

Los avances tecnológicos otorgan mayores posibilidades de plantear mejores soluciones y diseños más apropiados y confiables, permitiendo nuevas alternativas de acción sobre la oferta de transporte.

Grandes ahorros se logran mediante un sistema de semáforos gestionado desde un computador central. Si bien su rentabilidad es elevada, desde la perspectiva de muchos municipios, este sistema no es de bajo costo; sin embargo, puede ser abordado por etapas y sectores de la ciudad, quizás comenzando con el progresivo reemplazo de los semáforos obsoletos, por otros que soporten la tecnología necesaria. Obviamente, se precisa perseverancia para alcanzar la meta, no siempre garantizada más allá del período de ejercicio de las autoridades competentes, aunque su aplicación en zonas de tránsito intenso mostraría sus bondades y puede concitar apoyo ciudadano.

Otra necesidad real es organizar un sistema de transporte público que brinde un servicio efectivo. Importantes beneficios, tanto para buses como automóviles, otorgan los carriles segregados para el transporte colectivo. Posiblemente sea necesario además reordenar las líneas en troncales y alimentadoras, establecer determinadas preferencias para su circulación, y mejorar la calidad de los buses y la capacidad empresarial de los operadores. Los buses de estándar superior también pueden jugar un rol, especialmente si sus frecuencias y horarios de operación les permiten ofrecer una alternativa viable para el automovilista.

Un significativo aporte puede provenir de sistemas de transporte que se asemejan a un metro de superficie, organizados sobre la base de buses que circulen por vías propias y segregadas, con frecuencias regulares y control centralizado, ingreso y egreso de pasajeros por estaciones y compra de boletos antes de abordar. Aunque resulten complejos de implantar y seguramente requieran aporte de recursos públicos para construir su infraestructura, los excelentes resultados de Curitiba, del trolebús de Quito y del Transmilenio de Bogotá, avalan esta solución, cuyo costo es apenas una fracción del de un metro.

No es seguro que con las medidas mencionadas muchos automovilistas sean atraídos al transporte público, como tampoco lo son al metro, pero sí se puede aspirar a mantener la proporción de viajes diarios realizados mediante este modo y ofrecer un servicio digno y rápido. Esto es relevante en países en vías de desarrollo, pues todavía más de la mitad de los viajes, proporción que en algunas ciudades llega a 80%, se realiza en transporte colectivo.

Bien diseñadas y ejecutadas, las medidas sobre la oferta representan un interesante potencial para enfrentar la congestión. Con todo, no debe olvidarse que la mejor utilización de la oferta no da cuenta por sí sola de las complejas realidades ligadas a la congestión. Es preciso incorporar otras medidas, particularmente sobre la demanda, que permitan resolver los desajustes en el uso de la infraestructura y apunten al logro de un equilibrio aceptable para la comunidad.

### **3. Las medidas sobre la demanda también tienen su lugar**

Las medidas sobre la demanda intentan que una cantidad importante de automovilistas, que circulan en zonas o períodos de alto tránsito, utilicen modos de transporte de alta ocupación, se muevan por medios no motorizados, o cambien el horario de su desplazamiento. Estas medidas cuentan con menor aceptación por parte de los automovilistas, cuando no son francamente impopulares, por contrariar la sentida aspiración de moverse en un medio individual. No obstante, suelen ser apoyadas por los usuarios del transporte público, que son mayoritarios en las ciudades de la región, y es evidente que tienen un lugar en el control de la congestión.

Ciertas medidas son de tipo reglamentario e imponen restricciones. Otras establecen premios o desincentivos económicos para favorecer conductas que mitiguen la congestión. Ambas deben tenerse en cuenta para un mejor resultado global, considerando que las económicas podrían no ser del todo efectivas y las reglamentarias, vulnerables si los controles son débiles.

Importantes logros pueden alcanzarse mediante la racionalización de los estacionamientos, pues su disponibilidad y costo condicionan la accesibilidad en automóvil. Prohibición permanente o diurna en avenidas principales, pago por aparcar en otras vías públicas, regulación del estacionamiento pagado en sitios privados, reglamentación del parqueo ofrecido gratuitamente por instituciones y empresas al público o a sus trabajadores, incentivos económicos para no ir al trabajo en automóvil, estacionamientos intermedios para continuar el viaje en transporte público, son medidas potencialmente útiles, si se aplican en los ámbitos apropiados y con alcances adecuados. Algunas pueden generar además recursos para el municipio. En todo caso, debe tenerse cuidado con la aplicación de disposiciones exageradamente restrictivas que ahuyenten a empresas y residentes, a fin de no deprimir determinadas zonas de la ciudad. De ahí la

importancia de desarrollar una política coherente de estacionamientos, que favorezca el desarrollo y la sostenibilidad urbanos.

Escalonar los horarios de inicio de actividades trae algún alivio de la congestión, pues alarga el período punta de la mañana. A su vez, la restricción vehicular saca de circulación a una parte importante del parque. Su aplicación sólo en sectores y períodos congestionados, como por ejemplo, en zonas céntricas durante las horas punta de la mañana y la tarde, puede tener efectos más duraderos que una más extendida, ya que genera menos incentivos para la adquisición de automóviles adicionales. Otra forma de restricción es el pago de permisos de circulación diferenciados, según se pueda usar o no el automóvil todos los días de la semana. La restricción puede ser también una forma de llamar la atención sobre problema de la congestión y de participar colectivamente en su disminución.

La tarificación vial, propugnada por muchos académicos y también por funcionarios del área de transporte urbano por ser una atractiva conceptualización con respecto a pagar por los costos causados a la sociedad, es sobre todo entre los automovilistas, la más resistida de todas las medidas. Esta disposición parece alcanzar resultados al menos en el corto plazo, pero desde todos los flancos imaginables se han levantado cuestionamientos a ella. Resulta incómoda para el usuario, al exigir un pago por desplazarse bajo congestión; hay dudas en cuanto a las formas de aplicarla; se la objeta por los efectos en las zonas inmediatas a las tarifadas; se la moteja de inequitativa para con los de menos recursos; se teme la degradación de las actividades en la zona tarifada; se discuten sus efectos urbanísticos de largo plazo, por incentivar la expansión de la ciudad si no existen fuertes controles sobre el uso del suelo, y lo que no es menor, incluso se plantea la inconsistencia teórica de aplicarla sin que otros precios relacionados, como los de las áreas verdes, estén sujetos a costo marginal. Aun algunos partidarios originales de la tarificación han cambiado de opinión y hoy se muestran reticentes a ella. Parece ser que su aplicación tiene probabilidades limitadas, a menos que alguna ciudad, más allá de Singapur, que tiene condiciones sumamente especiales, logre implantarla con éxito. Tal vez su hora llegue posiblemente primero en países desarrollados, si la congestión alcanza niveles intolerables, si ya no se vislumbran otras medidas eficaces y se resuelven favorablemente las dudas teóricas y prácticas que aún subsisten.

Por último, la educación vial, llevada a cabo en forma permanente desde la niñez, contribuye a aminorar la congestión, enseñando a evitar la conducción indisciplinada o la falta de respeto hacia los demás, sean peatones o vehículos. A su vez, los peatones también deben ser orientados a observar las reglas de circulación y cruzar las calles sólo en los lugares y momentos habilitados para ello.

Las medidas sobre la demanda deben ser analizadas cuidadosamente, de modo de mitigar efectos negativos no deseados. Debe evitarse especialmente que depriman sectores de la ciudad o afecten la sostenibilidad urbana.

La resistencia a las medidas sobre la demanda puede ceder en cuanto sean entendidas por los usuarios como herramientas útiles para combatir la congestión. Posiblemente tengan más aceptación en países desarrollados, pues allí existe una mayor conciencia acerca de la tradición, el patrimonio histórico y el medio ambiente.

#### **4. ¿Por qué actuar sobre la congestión?**

Combatir la congestión tiene costos de diversa magnitud. Algunos deben ser solventados por los organismos públicos que implantan las medidas; otros afectan a la ciudadanía en general, en tanto que, especialmente los relacionados con las acciones sobre la demanda, recaen en los automovilistas.

No cabe duda que la congestión hace sentir su peso sobre sus causantes esenciales, los automovilistas. Especialmente si hay que invertir recursos públicos, cabe la pregunta de hasta qué punto tendrían que ser rescatados de algo en que, como grupo de individuos, incurren por decisión adoptada por propia y firme preferencia. En tanto y cuanto los automovilistas fueran los únicos perjudicados por la congestión, podría tal vez pensarse en abandonarlos a su propia suerte, hasta que muestren una clara y mayoritaria disposición a colaborar activamente en mitigar la situación y acepten medidas que pudieran incomodarlos en alguna forma.

Sin embargo, hay efectos de la congestión que repercuten en círculos más amplios y que es necesario aminorar para proteger a quienes no contribuyen a crearla, además de preservar la ciudad de males mayores. Sin agotar las consecuencias, la congestión hace más lenta la circulación de los buses y eleva el valor de sus pasajes, incrementa los accidentes, aumenta el consumo de combustibles, agudiza la contaminación ambiental, amenaza la competitividad, pone en peligro la sostenibilidad de la vida urbana y perjudica la calidad de vida.

Por la propia índole de sus funciones, las autoridades deben esforzarse en procurar el bien común. En el mencionado contexto se justifica la adopción de medidas que signifiquen:

- afianzar y recuperar, donde pudiera haberlo perdido, el carácter de bien público del sistema vial, facilitando la libre circulación de quienes no contribuyen a la congestión o no lo hacen en forma significativa. Principalmente, consiste en asegurar al transporte público rutas expeditas, darle determinadas preferencias de circulación, y donde sean apropiados, carriles segregados para que no se vea demorado por la congestión;
- asegurar espacios adecuados para los peatones;
- mantener bajo control la emisión de contaminantes, y
- acotar la congestión para evitar que ponga en peligro la calidad de vida y sostenibilidad de las ciudades.

Reducir la congestión tiene también como consecuencia disminuir las emisiones de contaminantes atmosféricos, puesto que el sistema de transporte, en la mayoría de las ciudades del mundo, es uno de los principales responsables de la contaminación atmosférica. Por ello, una estrategia integrada para atacar estos dos problemas puede conducir a soluciones más eficientes que la aplicación de medidas aisladas para combatir cada uno de ellos en forma separada.

## **5. ¿Cómo seguir?**

La rapidez con que se agudiza la congestión de tránsito en las ciudades grandes hace imperativo que las autoridades adopten un enfoque apropiado para adaptar los sistemas de transporte urbano, tanto el transporte público como el uso de los autos en las áreas u horas sujetas a dicha condición.

Los fuertes impactos negativos de la congestión, tanto inmediatos como de largo plazo, exigen esfuerzos multidisciplinarios para mantenerla bajo control, pues no puede pensarse en eliminarla del todo. Ello plantea el desafío de diseñar políticas y medidas que contribuyan a su moderación y control. El problema es complejo, y no resulta sencillo dar con las soluciones más indicadas. Todo señala que debe intentarse un conjunto de acciones sobre la oferta de transporte, así como sobre la demanda en términos de racionalizar el uso de las vías públicas.

En el contexto de ciudades en regiones en desarrollo, aunque siempre deben considerarse las condiciones locales, lo más aconsejable parece ser abordar las siguientes medidas:

- Rectificación de intersecciones
- Mejoramiento de la demarcación y señalización
- Racionalización del estacionamiento en la vía pública
- Escalonamiento de horarios
- Coordinación de semáforos
- Reversibilidad de sentido de tránsito en algunas avenidas
- Implantación de carriles segregados para buses, acompañada de una reestructuración de las líneas de transporte público

Por otra parte, debe reconocerse que un estilo de movilidad basado esencialmente en el automóvil no es sostenible en el largo plazo, aunque no es necesario pensar en proscribirlo. El automóvil tiene muchas aplicaciones que facilitan la vida urbana, como hacer vida social, ir de compras o viajar a sitios alejados. No es objetable aprovechar este producto del desarrollo si se asumen los costos provocados. Distinto es el caso de utilizarlo todos los días para ir al trabajo o al estudio en las zonas de alto tránsito, pues será inevitable generar congestión y contaminación, y otros importantes perjuicios a la sociedad. El transporte individual tiene su lugar, pero no hay que exagerar, por lo que debe intentarse un mejor equilibrio entre la propiedad y el uso del automóvil.

Es necesario reconocer que en el corto plazo resultan políticamente costosas las medidas que procuren atemperar el uso indiscriminado del automóvil. Las autoridades, elegidas por períodos de pocos años, suelen no tener presente en sus decisiones una perspectiva prolongada, de modo que no es frecuente que la sostenibilidad haya guiado la política de transporte en las ciudades latinoamericanas. Este enfoque resulta aún más difícil en ciudades subdivididas en varios municipios que compiten entre sí para atraer inversiones y, como parte de ello, posiblemente fomenten el uso del automóvil. Una autoridad única de transporte metropolitano puede ser conveniente para revertir esta situación.

En suma, es necesario construir una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de la ciudad, que permita compatibilizar la movilidad, el crecimiento y la competitividad, tan necesarios actualmente, con la sostenibilidad de la urbe y su calidad de vida. El tema es complicado y exige una alta capacidad profesional y de liderazgo de parte de las autoridades urbanas y de transporte.

El trabajo ha de ser continuo y permanente. Herramientas hay, unas más efectivas que otras, unas más aceptadas que otras, pero con un conjunto de ellas que cuente con soporte ciudadano es posible defenderse para no sucumbir ante el moderno flagelo de la congestión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allport, R. y J. Thomson (1990), "Study of Mass Rapid Transit in Developing Countries", Report N° 188, Crowthorne, Laboratorio de Investigaciones sobre Transporte y Carreteras.
- ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos) (1999a), "Estudio de deseconomías del transporte urbano en Brasil: los impactos de la congestión", *Boletín de los transportes públicos de América Latina*, año 5, N° 30, São Paulo.
- (1999b), *Transporte humano: cidades com qualidade de vida*, segunda edición, São Paulo.
- Arias, C. (2001), "Corredor de troles y ecovía en Quito, Ecuador", documento presentado en Seminario Internacional, Caracas.
- Armijo, G. (2000), "La urbanización del campo metropolitano de Santiago: crisis y desaparición del habitat rural", *Revista de Urbanismo*, N° 3, Santiago de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, agosto.
- Banco Mundial (2000), *Cities on the Move: A World Bank Urban Transport Strategy Review*, Washington, D.C.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (1995), *Hacia una economía menos volátil. Progreso económico y social en América Latina, Informe 1995*, Washington, D.C.
- Brunner, K. H. (1932), *Santiago de Chile: su estado actual y futura formación*, Santiago de Chile, Imprenta la Tracción.
- Calthrop, E. y S. Proost (2002), "Regulating on Street Parking", Working Paper series, N° 2002- 02, Leuven, Facultad de Economía y Ciencias de la Economía Aplicada, Energía, Transporte y Medioambiente, Universidad Católica de Leuven, febrero.
- Calthrop, E. (2002), "Evaluating on-Street Parking", Working Paper series N° 2002-03, Leuven, Facultad de Economía y Ciencias de la Economía Aplicada, Energía, Transporte y Medioambiente, Universidad Católica de Leuven, mayo.
- CENMA (Centro Nacional del Medio Ambiente) (2000), *Mejoramiento del inventario de emisiones de la Región Metropolitana*, Santiago de Chile, agosto.

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2002), “La planificación del transporte urbano ante los cambios demográficos, sociales, económicos y tecnológicos”, *Boletín FAL*, N° 188, abril (<http://www.eclac.cl/transporte>).
- (2001), “Medidas de control de la congestión de tránsito”, *Boletín FAL*, N° 182, octubre (<http://www.eclac.cl/transporte>).
- (2000), “La congestión de tránsito: sus consecuencias económicas y sociales”, *Boletín FAL*, N° 170, octubre (<http://www.eclac.cl/transporte>).
- (1997), “El tránsito urbano en la era de la apertura económica”, *Boletín FAL*, N° 132, marzo-abril (<http://www.eclac.cl/transporte>).
- (1995a), *Estudio económico de América Latina y el Caribe, 1994-1995* (LC/G.1873-P), Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S/E.95.II.G.2.
- (1995b), Una evaluación crítica de algunos aspectos del sistema de transporte urbano de Santiago de Chile (LC/R.1529), Santiago de Chile, mayo.
- (1989), *Estudio económico de América Latina y el Caribe, 1988* (LC/L.501), Santiago de Chile.
- Cifuentes, L. (2000), “Estimación de los beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana”, *Generación de instrumentos de gestión ambiental para la actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago al Año 2000*, documento preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- CIS (Asociados Consultores en Transporte Ltda.) (1995), “Investigación de la factibilidad de implementación de un sistema de servicios especiales de locomoción colectiva para la ciudad de Santiago”, estudio efectuado para el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), Santiago de Chile.
- Companhia de Engenharia de Tráfego (1998), *Relatório de avaliação horário de pico*, São Paulo.
- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) (2001a), *Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. Resumen ejecutivo del anteproyecto*, Santiago de Chile, julio.
- (2001b), *Análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana*, Santiago de Chile, agosto.
- Departamento de Ingeniería Mecánica (2000), “MODEM, Informe final”, trabajo preparado para el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), Santiago de Chile, Universidad de Chile, enero.
- DFT (Department for Transport) (2002a), “A Review of the Effectiveness of Personalised Journey Planning Techniques”, enero (<http://www.local-transport.dft.gov.uk/travelplans/pjourney/index.htm>).

- (2002b), “Travel Plans, diciembre (<http://www.local-transport.dft.gov.uk/travelplans>).
- EEA (European Environmental Agency) (2000), “COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors”, Technical Report, N° 49 ([http://reports.eea.eu.int/Technical\\_report\\_No\\_49/en](http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_49/en)).
- Enoch, M. (2002), “UK parking cash out experience, and lessons from California”, *Traffic Engineering + Control (TEC)*, vol. 43, N° 5, Londres, mayo.
- (2001), “Workplace Parking Charges Down Under”, *Traffic Engineering + Control, TEC*, vol. 42, N° 10, Londres, noviembre.
- EPA (Environmental Protection Agency) (1999), “The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1990 to 2010”, Informe EPA-410-R-99-001, preparado para el Congreso de los Estados Unidos.
- Fernandes, F.S. (1985), *Aspectos de transporte urbano na modificaco dos horários de trabalho*, Brasilia, Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU), enero.
- Fernández y De Cea, Ingenieros Ltda. (1999), “Análisis estratégico de los impactos sobre la demanda de implementar un plan de corredores para el gran Santiago”, estudio para el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), Santiago de Chile.
- GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica) (2001), *Economic Instruments for Sustainable Road Transport*, Eschborn.
- Hass-Klau, C. y otros (2000), *Bus or Light Rail: Making the Right Choice. Environmental and Transport Planning*, Wuppertal, Bergische Universität Wuppertal.
- Henry, E. y J. Hubert (2000), “Contrastes de la motorización y de la movilidad en las megápolis”, documento presentado en la Conferencia CODATU IX (Coopération pour le Développement et l’Amélioration des Transports Urbains et périurbains), México, D.F., abril.
- Hernández, A. (2002), “Bogotá, una ciudad vivible”, marzo ([http://www.cepal.org/Transporte/noticias/noticias/8/9178/Bogot\\_viv.doc](http://www.cepal.org/Transporte/noticias/noticias/8/9178/Bogot_viv.doc)).
- Hochtief, Montreal y Deconsult (1968), *Sistema integrado de transporte rápido coletivo da cidade de São Paulo: estudo técnico pré-projeto de engenharia*, São Paulo.
- Holgate, S.T. y otros (1999), *Air Pollution and Health*, San Diego, Academic Press.
- Howson, H. (1981), *London’s Underground*, Shepperton, Ian Allan Ltd.
- Hutt, G. (2002), “Travel Blending<sup>MR</sup>, una herramienta para el cambio de conducta en transporte”, *Tranvía*, N° 18, julio (<http://www.revistatranvia.cl/tv18>).
- IMT (Instituto Mexicano del Transporte) (2000), “Cargos e información de un sistema inteligente de transporte”, *Notas*, N° 51, Querétaro, Sanfandila.
- Ingram, G. y A. Carroll (1978), “The Spatial Structure of Latin American Cities”, Urban and Regional Report, N° 79-9, Banco Mundial, agosto.
- Instituto de Economía (1993), *Estimación de los beneficios sociales del Metro*, Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), octubre.

- INTEC (Instituto de Investigaciones Tecnológicas) (1996), "Estudio de desarrollo y de factibilidad técnica para la aplicación de un nuevo sistema de peajes para Chile", documento preparado para el Ministerio de Obras Públicas (MOP), Santiago de Chile, marzo.
- Kain, J. y Z. Liu (1994), *Efficiency and Locational Consequences of Governments Transport Policies and Spending in Chile*, Harvard, Harvard Project on Urban and Regional Development in Chile.
- Kenworthy, J. y F. Laube (1999), *An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities*, Colorado, Universidad de Colorado.
- Labarthe, G. y D. Mery (1999, 2000), "Informes ejecutivos de salidas del programa ESTRAUS", trabajo de Armonía Consultores para la SECTRA y la CEPAL, Santiago de Chile, inéditos.
- LPAC (London Planning Advisory Committee) (1998), "Developing Road Traffic Reduction Targets for London", estudio realizado por Halcrow Fox, Londres, diciembre.
- McCrae, I. S. y otros (2000), "Traffic Management During High Pollution Episodes: A Review", preparado por TRL (Transport Research Laboratory) para la División de Transporte Local, Departamento de Medioambiente, Transporte y de las Regiones, Crowthorne, Berkshire.
- Metro/STM (Companhia do Metropolitano de Sao Paulo/Secretaria de Transportes Metropolitanos de Sao Paulo) (1998), "Pesquisa Origem-Destino/1977, 1987, 1997", *Síntese de Informações*, N° 09/98, São Paulo.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación y Cooperación) (1999), *VERDI, Manual del usuario*, versión 2.0, Santiago de Chile.
- (1998a), *Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano*, Santiago de Chile.
- (1998b), *Diagnóstico y recolección de información de educación bajo la perspectiva del transporte*, Santiago de Chile.
- (1997), *ESTRAUS, Manual del usuario*, versión 2.0, Santiago de Chile.
- Mills, E. (1967), "An aggregate model of resource allocation in a Metropolitan Area", *American Economic Review*, vol. 57, N° 2.
- MINTRATEL (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones) (1995), "Análisis de la problemática de estacionamiento en las principales ciudades del país", estudio preparado por CITRA (Consultores en Ingeniería de Transporte Ltda.), Santiago de Chile, junio.
- (1985), *Manual de Ingeniería de Tránsito*, Santiago de Chile.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (1981), *Evaluación de sistemas de estacionamiento*, Madrid, Grupo de Investigación Vial.
- Oron, Y. y otros (1973), "Optimum vs. equilibrium land use pattern and congestión toll", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, N° 2, Nueva York.
- Ortúzar, J. (1994), *Modelos de demanda de transporte*, Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Ortúzar, J. y L. Willumsen (1994), *Modelling Transport*, Chichester, John Wiley.
- Pérez, G. (2001), *Telemática: un nuevo escenario para el transporte automotor*, serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 30 (LC/L.1593-P), Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.01.II.G.134.
- PICC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001), "Third Assessment Report: Climate Change, 2001" (<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>).
- Real Academia Española (2001), *Diccionario de la Lengua Española*, vigésima segunda edición, Madrid.
- Sandoval, E. (2001), "Concepto integral del espacio público y la movilidad urbana. Enfoque de la Ciudad de Bogotá. Caso específico: sistema Transmilenio", documento presentado en Seminario Internacional, Caracas.
- Schafer, A. (2000), "Regularities in travel demand: an international perspective", *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 3, N° 3, Washington, D.C., Oficina de Estadísticas en Transporte, diciembre.
- Still, B. y D. Simmonds (2000), "Parking restraint policy and urban vitality", *Transport Review*, vol. 20, N° 3, julio-septiembre.
- Swait, J. y G. Eskeland (1995), "Travel Model Substitution in São Paulo", Policy Research Working Paper N° 1437, Banco Mundial, marzo.
- Taylor, B. D. (2002), "Rethinking Traffic Congestion" (<http://www.uctc.net/access/access.asp>).
- The Review* (2002), "Do they change behaviour?", N° 24, Steer Davis Gleave, noviembre.
- Thomas, A. (2002), "Planificación estratégica de sistemas de transporte urbano", marzo (<http://www.cepal.org/Transporte/noticias/noticias/8/9178/Modelos.ppt>).
- Thomson, Ian (2002a), *Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público: investigación preliminar en ciudades de América Latina*, serie Recursos naturales e infraestructura, N° 41 (LC/L.1717-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.02.II.G.28.
- (2002b), La tarificación vial: ¿un atentado contra el transporte público y la ciudad sustentable?, *Boletín de los Transporte Públicos de la América Latina*, año 10, N° 40, São Paulo, Asociación Nacional de Transportes Públicos (ANTP), junio-julio.
- (2000a), *Una reseña histórica y evaluación crítica de algunos aspectos de la planificación del sistema de transporte de Santiago*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- (2000b), Algunos conceptos básicos referentes a las causas y soluciones del problema de la congestión de tránsito (LC/R.2004), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), junio.
- (1999), Desarrollo histórico y aceptación política del concepto de cobranza por el uso de la vialidad urbana congestionada (LC/L.1167), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), enero.

- (1997), “¿Por qué las inversiones en el transporte público no reducen la congestión de tránsito urbano?”, *Revista de la CEPAL*, N° 61 (LC/G.1955-P), Santiago de Chile, abril.
- (1982), “Transporte urbano en América Latina. Consideraciones acerca de su igualdad y eficiencia”, *Revista de la CEPAL*, N° 17 (E/CEPAL/G.1205), Santiago de Chile, agosto.
- Thomson, Ian y A. Bull (2001), *La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*, serie Recursos naturales e infraestructura, N° 25 (LC/L.1560-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.01.II.G.105.
- Tovar, R. (1995), “Mobile source pollution in Mexico City and market-based alternatives”, *Regulation, The Cato Review of Business and Government*, vol. 18, N° 2, Washington, D.C.
- Valenzuela, E. y T. Gálvez, (1995), “Identificación y cuantificación de las externalidades generadas por el estacionamiento de automóviles en zonas urbanas”, *Actas del séptimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Santiago de Chile.
- Voorhees, Alan M. y otros (1973), “Cargas impositivas a los usuarios de la vialidad del área metropolitana de Caracas”, documento preparado para la Oficina Ministerial del Transporte, Ministerio de Obras Públicas de Venezuela, Caracas.
- WWZ (Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Universität Basel) (1992), “The Use of Economic Instruments in Urban Travel Management”, documentos de una conferencia conjunta de OECD, ECMT (European Conference of Ministers of Transport), GVF (Dienst für Gesamtverkehrsfragen de Suiza) y NFP (Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr de Suiza), Basilea.
- Winfrey, R. (1969), *Economic Analysis for Highways*, Scranton, Pennsylvania, International Textbook Company.
- Zahavi, Y. (1976), Características de los viajes en ciudades de países desarrollados y en desarrollo, documento de trabajo N° 230-S, Washington, D.C., Banco Mundial, marzo.