

ACCIONES PARA EL AHORRO DE LA ENERGÍA  
EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA ZONA  
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

Luis Ignacio Sánchez Arellano\*

INTRODUCCIÓN

A partir de pronósticos y estadísticas se puede conocer cómo evolucionará la circulación vehicular en la red vial de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca (ZMCT) en los próximos años. Se espera que la utilización de los automóviles en esta zona pase, de un 65% en 1991, a un 75% para el año 2000 (en el caso de no establecer algunas medidas que reviertan estas tendencias).<sup>1</sup>

Estas predicciones preocupan a las autoridades responsables del tránsito y transporte, porque un aumento en los volúmenes vehiculares en una red de por sí ya fuertemente saturada traerá como consecuencia adicional no sólo la pérdida de tiempo para los habitantes en sus desplazamientos, sino también un mayor consumo de energéticos, que se traducen en alzas en las emisiones contaminantes producidos por los vehículos automotores.<sup>2</sup>

Los planes reguladores de la vialidad y el transporte requieren evaluar y comparar estas consecuencias con escenarios futuros, no sólo a nivel de los volúmenes de tránsito y tiempos de desplazamiento en la red, sino también en relación con el consumo de combustibles y las emisiones contaminantes.

\* Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México.

<sup>1</sup>Departamento del Distrito Federal, "Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México", cen, 1992.

<sup>2</sup>Departamento del Distrito Federal, "Datos Estadísticos de la Secretaría del Medio Ambiente", 1994.

Las características propias de operación y de consumo de energía de los diferentes tipos de vehículos utilizados en el servicio de transporte público urbano dependen principalmente de las aplicaciones para las que se hayan previsto. Sin embargo, un punto importante es conocer de manera más concreta y específica otras opciones de utilización posibles de los diversos sistemas de transporte urbano, así como su impacto energético y la posibilidad de ahorros bien canalizados.

### PROBLEMÁTICA

Antes de entrar en materia, es importante hacernos algunos cuestionamientos:

*¿Por qué ahorrar energía en los transportes?*

En el plano mundial, las opiniones sobre el problema de la energía varían según las épocas. Al término de la segunda guerra mundial se vive una carencia de energéticos, 15 años más tarde un periodo de abundancia, para después presentarse la "crisis petrolera" en 1973, lo que constituye un recordatorio para la humanidad acerca del carácter no renovable de los recursos que provienen de los residuos fósiles. Esto nos indica que, en el caso de no hacerse un esfuerzo por limitar su consumo, las reservas se agotarán en algunas decenas de años.<sup>3</sup>

Es lógico pensar que al reducirse las reservas de petróleo los precios de los carburantes se irán incrementando, siendo preciso que nos preparemos en consecuencia para que esta preciosa materia prima, base del desarrollo económico de los países desde hace más de 60 años, pase a convertirse en algo raro y caro.

Si además se parte de que el costo del combustible representa del 15 al 20% del total de los costos variables, un ahorro

del 10% en los combustibles equivale a tener reducciones aproximadamente de un 5% en los gastos de explotación de la flota vehicular.

*¿Cómo ahorrar energía en los transportes?*

Una primera pregunta surge de inmediato: ¿qué objetivo deberá fijarse para la reducción en los consumos de la energía y del petróleo, una política fuerte, ambiciosa o bien moderada? Esto dependerá, obviamente, de lo que podamos prever en cuanto a lo escaso del petróleo y al incremento en los precios.

Algunas de las propuestas que se presentan para el ahorro de energéticos en el transporte se verá que son factibles y que aseguran a nuestras ciudades una circulación fluida y un aire respirable, así como el respeto al ambiente natural y a los sitios urbanos.

El sector de los transportes constituye hoy en día la llave para obtener una independencia energética en cualquier país (aun en el caso de México que es productor de petróleo). Esto nos lleva al planteamiento de programas para una utilización racional de la energía que consumen los vehículos automotores mediante una serie de acciones que permitan su reducción en este sector, el cual ha consumido en 1994 para la sola área metropolitana de la ciudad de México cerca de 23.83 millones de litros diarios en promedio (entre gas LP, diesel y las gasolinas).<sup>4</sup>

Los planes de acción deberán dirigirse a alcanzar dos objetivos básicos:

La primera serie de medidas consiste en reducir los consumos específicos en el transporte, con efectos importantes en el corto plazo. Esta medida permite ahorros significativos sin transformar sensiblemente las actividades económicas.

<sup>3</sup>Jachimiak, B. y C. Soulas, *Transports collectifs urbains et maîtrise de l'énergie*, Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie, 1983.

<sup>4</sup>Pierre Merlin, *Comment économiser l'énergie dans les transports*, París, La Documentation Française, 1977.

La segunda medida supone una organización del territorio y un urbanismo favorable a la economía de la energía y por lo tanto a una mejor calidad de vida. La repartición de los transportes entre los diversos modos no puede cambiarse rápidamente; se trata de modificar la tasa de crecimiento del tránsito en sus diferentes modos más que reducir algunos en beneficio de los otros.

Dentro de las deficiencias en la operación de los transportes urbanos de la ZMCT podemos mencionar algunos problemas ya detectados en lo que se refiere a la infraestructura:

- Uno de los principales conflictos en la configuración del centro de la ciudad es la traza antigua con calles angostas, cuya concepción data en su mayoría de la época de la colonia.
- Insuficiente número de vialidades primarias que permitan el flujo rápido y fluido.
- Baja cobertura en la pavimentación de calles, lo que dificulta la penetración del transporte público.
- Uso de grandes espacios de la vía pública como estacionamientos, lo que reduce el área de circulación.
- Poco mantenimiento a la red vial, lo que reduce la velocidad de circulación y aumenta los tiempos de recorrido.
- Impactos importantes en la población debido a la contaminación atmosférica y la generación de ruidos por los vehículos automotores.
- Carencia de señalamiento y sincronización de semáforos.
- De manera general, una insuficiente e inadecuada planificación que regule el crecimiento del área metropolitana, así como un mínimo control y la vigilancia institucional para poder atender las necesidades originadas por el incremento en la población y el número de vehículos que circulan por el área de estudio.

La proliferación en la modalidad de transporte público de baja capacidad y un uso excesivo del automóvil han saturado la infraestructura vial existente. También una convergencia en las rutas de transporte público en dos puntos conflictivos de la ciudad: la zona centro y el área de la terminal, que ocasiona

que se desatiendan las conexiones con las áreas periféricas, obligando a transportos innecesarios de los usuarios y un mayor congestionamiento en estas zonas.

Las funciones de una área urbana se determinan por el número de actividades que en ella se realizan, mismas que se llevan a cabo con base en una estructura urbana. Con elementos físicos y conceptuales como los geográficos, demográficos, sociales, económicos, políticos y culturales (de educación, tecnológicos y de recreación) se pueden establecer múltiples relaciones entre los fenómenos del transporte vinculados con acciones de cambio temporales.

De manera general el sistema económico de la sociedad urbana domina la estructura social, es decir, el elemento productivo es la base de la organización del espacio. Esta afirmación la observamos en la ZMCT a partir del establecimiento de los corredores industriales, primero, y los comerciales y de servicios después, estableciéndose las diferentes áreas habitacionales en la ciudad articuladas a las redes viales y de transporte.

Para reafirmar y reiterar el concepto de planeación diremos que es el proceso requerido para la elaboración de un plan; es un proceso de adopción de técnicas descriptivas apoyadas en proyecciones estadísticas, evaluaciones cualitativas y estimaciones cuantitativas, para prever el futuro en función de objetivos, metas, políticas y programas establecidos.

La elaboración de un plan no resolverá por sí sola los problemas a los que se enfrentan los sectores económicos y sociales del país, pero sirve como punto de partida para coordinar esfuerzos, racionalizar metas y maximizar resultados. La planeación debe incluir metas nacionales, regionales, globales y sectoriales, así como los instrumentos para alcanzarlos.

Una segunda etapa podrá ser la de presentar los diferentes equipos utilizados en el transporte público urbano haciendo una comparación energética, así como plantear un programa de acciones tendientes al ahorro de energía para los vehículos que operan actualmente en la ZMCT.

Sin embargo, para la puesta en marcha de programas tendientes a la reducción del consumo de combustibles en las ciudades debe considerarse lo siguiente: el establecimiento permanente de las acciones; la definición de un mínimo o meta a alcanzar en la reducción de carburantes; las políticas aquí

definidas deberán ser extensivas a todos los modos de transporte urbano que tengan un efecto directo o indirecto, en el consumo de combustibles, y la identificación clara de las acciones y compromisos para reducir el consumo global del parque vehicular.

Los diagnósticos de energéticos suelen dar la pauta para definir las políticas a seguir para lograr el éxito en este tipo de programas debiéndose considerar en éstos al menos lo siguiente:

- El análisis del parque vehicular y sus condiciones de explotación (composición, organización, tipos de servicio que se ofrecen, recorridos o rutas, tipo de mantenimiento que se hace a la flota, etcétera).
- Un balance del consumo energético global, por actividad, así como la definición de acciones llevadas a cabo para conocer mejor los consumos de combustibles (métodos de seguimiento en el consumo, capacitación del personal, equipamientos en los vehículos, etcétera).
- La selección de las acciones que por su carácter prioritario deban figurar en el programa global.

La premisa principal es que esto se pueda lograr de una manera real sin reducir o afectar la calidad del servicio ofrecido, con la aplicación de cuatro tipos de medidas básicas:

- a) Acciones dentro de las mismas empresas y sobre el parque vehicular existente mejorando el mantenimiento de las unidades; poniendo en operación un sistema de medidas y gestión de los consumos; adaptar en los vehículos equipos que ahorren combustibles; capacitar al personal, e instalar equipos que ayuden a una conducción económica.
- b) La organización de los sistemas de transporte: optimización en el uso de los vehículos.
- c) Utilización de nuevos equipos y vehículos más eficientes.
- d) La planificación urbana como un factor decisivo para la buena operación del tránsito y el transporte.

La eficacia de un plan de acciones para el control de la energía supone la existencia de una estructura capaz de ase-

gurar la ejecución y el control de resultados efectivos, llegando a ser necesaria la designación de un organismo responsable de llevar a cabo la política energética general.

Cada una de las acciones antes mencionadas tendrá una repercusión en el total de los consumos de combustibles, que puede variar según se especifica a continuación:

*En capacitación al personal.* Es necesaria la sensibilización del personal administrativo, de los mecánicos y de los conductores sobre los nuevos métodos que implican tomar en cuenta los factores energéticos en su práctica cotidiana y prever la organización de cursos y prácticas de capacitación y perfeccionamiento de sus hábitos. Se obtienen economías del 5 al 15 por ciento.

*Poner en operación sistemas de medición y de gestión de los consumos diarios.* Las medidas directas de los consumos sobre los vehículos (contadores de consumo, odómetros, tacógrafos, etc.) y la distribución automática del combustible (sistemas de inyección) permiten conocer con precisión los consumos efectivos. Como se trata de muchos datos, existen en el mercado programas informáticos para su gestión. Los ahorros van del 2 al 4 por ciento.

*Mejoras en el mantenimiento de los vehículos.* Asegurar un mantenimiento regular y un control preventivo de ciertas partes y dispositivos de las unidades es uno de los puntos más importantes para la obtención de un buen rendimiento en los combustibles y la disminución de los tiempos que pasan inmovilizados en el taller. Se obtienen ahorros del 1 al 2 por ciento.

*La optimización en el uso de las unidades.* Buscar las mejores condiciones de utilización de los vehículos se refleja en la reducción de los costos de explotación y básicamente en los consumos de combustible; se puede lograr mejorando la organización de los recorridos con la ayuda de computadoras personales. Reducciones del 4 al 5 por ciento.

*La adaptación en los vehículos de equipos ahorradores.* Estos dispositivos ayudan a mejorar la operación de ciertas partes de los vehículos como son el motor, la transmisión, los neumáticos, etc. (las reducciones van del 2 al 5 por ciento).

*La instalación de equipos que ayudan a la conducción técnica.* Permiten al conductor adaptarse a la conducción téc-

nica establecida, como son la velocidad, el régimen del motor, consumo del combustible, etc. Los ahorros son de entre 3 y 6 por ciento.

Estos porcentajes en los ahorros del consumos de combustible son indicativos en cada rubro y obviamente no deben sumarse uno con otro. El objetivo final de la economía se fija con el balance de las acciones energéticas obtenidas en cada una de éstas.

Aumentar el parque vehicular de los transportes colectivos parece ser un buen plan para el ahorro de energéticos, y se puede lograr de diversas formas; sólo dos de ellas serán analizadas en el presente trabajo por ser las más interesantes de explotar de una manera simultánea:

1] Limitar el atractivo del automóvil en las ciudades, por ejemplo con la implantación de una política de estacionamientos en los centros de las ciudades, que permita compartir mejor las características geométricas de las calles y que favorezcan los modos de transporte más económicos. Otra forma es limitar la construcción de nuevas infraestructuras viales, etcétera.

2] Aumentar el atractivo de los transportes colectivos urbanos mejorando su regularidad, velocidad comercial, frecuencia de paso y la creación de redes coherentes de transporte público.

La experiencia en otros países ha demostrado que sólo la puesta en marcha de una organización global de los sistemas de transporte que integre estos dos tipos de medidas permitirá llegar al éxito en la reducción de los consumos de combustible.

#### ¿POR QUÉ LOS TRANSPORTES COLECTIVOS?

El desarrollo de los transportes colectivos urbanos rebasa el solo aspecto del ahorro energético, ya que podemos decir que existen otros argumentos que desempeñan un papel importante en favor de este desarrollo y que tienen un nexo indirecto con la energía, como son:

a] La contaminación, que depende de la cantidad de energía consumida y del tipo de energía utilizada. Así, por ejemplo, los transportes colectivos con motor térmico (combustión interna) contaminan menos por pasajero/kilómetro transportado que los automóviles particulares. Los sistemas de tracción eléctrica no producen contaminación atmosférica, aunque sí generan otro tipo de contaminación en forma de calor y ruidos, pero que son relativamente menores que los producidos por los automotores.

b] El consumo del espacio es claramente inferior en los transportes colectivos (cuando circulan o aun estacionados); éste es un factor que tiende a disminuir la saturación de las vías de circulación (ya que se sabe que los congestionamientos son causa de un sobreconsumo de energía).

c] La seguridad, pues los transportes colectivos disminuyen la energía cinética que lleva cada pasajero transportado (más aún en los casos de transportes en vías reservadas). Este principio se aplica en las colisiones que están directamente ligadas a la energía cinética que se genera y a la forma como se disipa.

#### LOS SISTEMAS

En el cuadro I se indica una clasificación con los diversos modos de transporte colectivo urbanos. Cada uno presenta particularidades propias que los llevan a ser utilizados más por ciertos usuarios que por otros:<sup>5</sup>

<sup>5</sup> *Ibid.*

CUADRO 1  
MODOS DE TRANSPORTE

Sistemas de combustión interna		Sistemas eléctricos	
Autobús estándar	Autobús articulado	Ferrovianos	No ferrovianos
Microbús	Tranvía	Tren ligero	Trolebús
	Metro	Tren a gran capacidad	Ruedas neumáticas (Val, Aramis, Poma 2000)
			Sistemas hectométricos (teleférico)
			Sistemas de colchón de aire (OTIS)
			Sistemas de sustentación magnética

En cuanto a sus capacidades, véase el cuadro 2.

CUADRO 2  
CAPACIDADES DE LOS MODOS DE TRANSPORTE

	10 000	20 000	30 000	40 000 Pasajeros
Metro				
Tranvía				
Bi-modo				
Autobús				
Val				
Aramis				
Poma 2000				
Poma 2000				
SX				
Delta				
Trax				

Los flujos del cuadro 2 representan las capacidades máximas de cada uno de los modos de transporte, calculados en función de 6 pasajeros parados por metro cuadrado; sin embargo cada medio variará su capacidad en función de las características técnicas y de las condiciones económicas.

*Sistemas de combustión interna*

Son los medios de transporte más generalizados en las ciudades por su flexibilidad y su fácil inserción en la estructura urbana, por lo que no es extraño encontrarlos por todo el mundo.

Desde el punto de vista del consumo energético, las mediciones por pasajero transportado no se han optimizado del todo, debido principalmente a que dependen de las condiciones generales de circulación y de la demanda, que no es uniforme (problemas en las horas pico y en ocasiones el compromiso que se tiene de no limitar su función atractiva), así como su concepción tecnológica misma.

Estos sistemas pueden ser considerablemente mejorados sobre el plan energético tomando diversas medidas que tienen que ver con la organización general del sistema de transporte, tales como: corredores o vías reservadas para los autobuses; prioridad a los autobuses en las intersecciones; servicios rápidos directos o semidirectos, y adaptación de acuerdo con la demanda: microbuses, o bien autobuses articulados de gran capacidad.

También algunos programas de innovación tecnológica son importantes como: cadenas de tracción más desarrolladas y optimización de las auxiliares; la utilización de componentes nuevos tales como: transmisión hidráulica (que podría tener recuperación de la energía cinética por el frenaje); aligerar los vehículos desde su concepción original y usar materiales nuevos, y pasar a la utilización de los autobuses eléctricos.

*Sistemas eléctricos*

La utilización de los sistemas de transporte colectivo con tracción eléctrica revisten una importancia particular por razones

de ahorro energético,<sup>6</sup> (independencia petrolera y la posibilidad de recuperación de energía), pero también por razones de confort, seguridad y protección al medio ambiente (reducción en la contaminación atmosférica y ruidos).

Entre las alternativas que existen para el ahorro de energía utilizando los transportes eléctricos tenemos:

Los minibuses eléctricos con baterías adaptadas para dar servicio en el centro de las ciudades; el trolebús; el trolebús bi-modo, que es un medio de transporte utilizado en ciudades y que permite suprimir el cableado de alimentación de corriente en algunas zonas donde se considera que su instalación es difícil o que no se adapta a las características arquitectónicas del lugar (centros históricos y comerciales por ejemplo). Este vehículo utiliza, además del motor eléctrico, otro de combustión interna, lo que le da esta característica de ser bi-modo, o bien en ocasiones todo el motor es eléctrico, pero puede funcionar de manera autónoma algunos kilómetros por medio de baterías. El tranvía, cuya utilización se ha propagado nuevamente en ciertas ciudades europeas adaptándole las mejoras tecnológicas de la época actual, y los sistemas en sitios reservados, entre los que se encuentran el Metro y el Tren ligero.

En términos de eficiencia energética el paso sucesivo se da con la utilización de cada uno de estos medios de transporte eléctrico, ya que permiten llegar a controlar y dominar más los elementos de infraestructura vial para la reducción de los consumos energéticos. Es claro que si se disminuyen las paradas y retardos, como causas generadoras de desperdicios en los consumos, y se aumenta el atractivo de estos sistemas será posible inducir a los que utilizan los autos particulares a preferir los sistemas colectivos. Naturalmente, los ahorros obtenidos se tendrán que comparar con los sobrecostos financieros que implican la puesta en marcha de las acciones en favor de los sistemas de transporte en común.

#### CONCLUSIONES

Como se vio a lo largo de esta exposición, el desarrollo de los transportes colectivos urbanos es una de las maneras potenciales para el ahorro de combustibles. Algunas de las mejores soluciones (aquí presentadas) son en ocasiones las más sofisticadas, así como también las más costosas, de ahí que estas alternativas se tienen que implantar de una manera progresiva, lo que llevará a buenos resultados generalmente a largo plazo.

Para el área de estudio a la que se refiere este trabajo, y que es la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca, es posible la implantación directa de otras acciones más simples y menos costosas, entre las que se encuentra la creación de carriles especiales para los autobuses, que tienen un efecto inmediato y que permiten con el tiempo la operación de otros modos de transporte más sofisticados como son los sistemas automáticos guiados (líneas de tranvías, trolebuses u otros sistemas de tracción eléctrica).

Otra forma de mejora es hacer más atractivos los transportes colectivos, asociándolos con medidas de control tales como: compartir de una manera equilibrada la vialidad con otros modos de transporte; organizar los estacionamientos, principalmente en el centro de la ciudad, y variar las horas de entrada y salida a los lugares de trabajo.

Con todas estas acciones se logran ahorros considerables en los consumos de energéticos, además de otras repercusiones favorables como son la seguridad, un mejor nivel de vida de los habitantes cuidando el ambiente y los tiempos en los desplazamientos.

La otra serie de acciones para el ahorro de energéticos en la ZMCT, es trabajar directamente con las empresas transportistas en programas de capacitación de los conductores, control de combustibles, renovación de los parques vehiculares, así como la instalación de equipos ahorradores de energía. En todo esto se irá avanzando de acuerdo con la disponibilidad y apoyos de las autoridades responsables del transporte en el estado de México.

<sup>6</sup>Transportation Research Board, "Proceedings of the Conference on Energy Contingency Planning in Urban Areas", Special Report 203, EUA, 1983.