
Revista Energética



Energy Magazine

**Año 18
número 1
ener. - abril 1994**

**Year 18
number 1
Jan. - April 1994**



**Tema: Uso Eficiente de Energía en
América Latina y el Caribe**

**Topic: Efficient Use of Energy in Latin
America and the Caribbean**

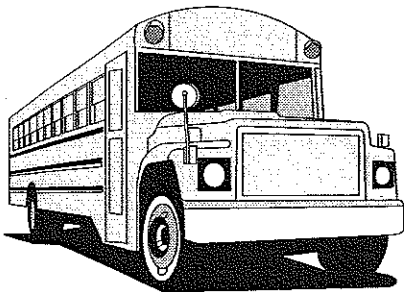


Desafíos para el Mejoramiento de la Eficiencia Energética en el Transporte Automotor en América Latina y el Caribe

Secretaría Permanente, OLADE

El transporte automotor es el principal consumidor de hidrocarburos y la mayor fuente de contaminación atmosférica del sector energético en América Latina y el Caribe (ALC). Las previsiones de OLADE hasta el año 2000 indican que este comportamiento se mantendrá en el mediano plazo. Además de los impactos energéticos y ambientales indicados, el transporte automotor demanda altas inversiones para la infraestructura vehicular y vial. Todos estos impactos pueden ser aliviados en forma temporal mientras se implantan soluciones de fondo a largo plazo. A continuación se plantean algunas soluciones transitorias.

- ♦ **Reforzamiento de los sistemas de inspección vehicular** existentes para recuperar la eficiencia energética técnica del parque y reducir sus emisiones contaminantes.
- ♦ **Incentivos indirectos al mantenimiento vehicular** adecuado mediante la eliminación de distorsiones en el mercado y la instauración de normas de inspección vehicular antes indicada.



- ♦ **Incorporación de innovaciones tecnológicas** en vehículos obsoletos para mejorar su eficiencia y disminuir sus emisiones.
- ♦ **Mejora de la calidad de los combustibles** automotores a través de ajustes operativos en refinerías, controles de calidad más estrictos en los sistemas de distribución e implantación de normas para instalaciones de almacenamiento y expendio.
- ♦ **Racionalización del tráfico** para reducir la congestión vehicular urbana.
- ♦ **Mejor mantenimiento de la infraestructura vial** financiado con recursos obtenidos de los mismos usuarios.

El desarrollo del transporte a largo plazo debe incorporar estrategias básicas como reducción de las necesidades de movilización, introducción de medios de transporte de baja intensidad energética, mejora de la eficiencia del parque y uso de energías más limpias. De aquí se desprenden algunas de las soluciones de

fondo, a ser implantadas en el largo plazo:

- ♦ **Incorporación de la variable energética** en la planificación urbana y rural.
- ♦ **Puesta en marcha de sistemas de transporte masivo** de personas como trolebuses, monorriel, metro, y modernización de líneas férreas.
- ♦ **Ampliación del transporte intermodal de carga** por ferrocarril, transporte fluvial, ductos y carreteras.
- ♦ **Estímulo al transporte individual de baja intensidad energética** (motocicletas, bicicletas, peatones).
- ♦ **Optimización de la red vial existente** mediante sistemas de manejo de tráfico y construcción de nueva infraestructura.
- ♦ **Marcos regulatorios e introducción de condiciones de mercado** para promover la evolución del parque automotor hacia patrones de alta eficiencia energética y baja contaminación.
- ♦ **Utilización de combustibles más limpios** como gas natural, metanol y etanol con el aprovechamiento de los grandes recursos gasíferos y agrícolas de ALC.

1. Evolución del Transporte Automotor de la Región: Aspectos Energéticos y Ambientales

1.1 Consumo de energía [1, 2]

El transporte automotor es el principal consumidor de energía en América Latina y el Caribe (ALC).

En el período 1980-1992 su participación en el consumo final total de energía se mantuvo alrededor del 30%. En términos de consumo final de hidrocarburos (derivados de petróleo, alcohol y gas natural), fue también el mayor usuario concentrando un 50% del total. Su crecimiento anual (2,3%) fue superior al del producto interno bruto (PIB) de la Región (1,5%).

A partir de 1985 se produjo una importante penetración del gas natural en el transporte; su crecimiento fue del 95,1% anual entre 1985 y 1992. Otro energético de crecimiento significativo fue el alcohol con el 12,7% anual en el período 1980-1992.

Consumo de gas natural

El consumo de gas natural automotor tomó impulso en Argentina mediante un importante programa de conversión de vehículos a gas natural comprimido (GNC). Su consumo creció al 92% anual en el período 1985-1992, gracias a la masiva conversión de vehículos a este combustible. Para 1993 se habían convertido a GNC unos 150.000 vehículos [3].

En Colombia el consumo de GNC en el transporte muestra un crecimiento sustancial desde 1989. Desde 1991 también se emplea gas natural automotor en Chile. En Brasil el consumo de este combustible tuvo un desarrollo incipiente entre 1989 y 1991 [1].

Consumo de alcohol

Entre 1980 y 1992 el consumo de alcohol carburante ha tenido un crecimiento sostenido en Brasil y Paraguay (12,7% y 14,2%

anual, respectivamente). En Costa Rica se introdujo el alcohol carburante en 1981 pero su consumo fue reduciéndose hasta desaparecer en 1986 [1, 4]. En Guatemala se experimentó con este combustible en los años 1985 y 1986. En los últimos años también se ha registrado un pequeño consumo de gasohol (mezcla de gasolina y alcohol) en El Salvador.

Sin duda, el empleo de alcohol carburante en Brasil es el caso más notorio de sustitución energética en el transporte de la Región. Como consecuencia de la crisis de los precios del petróleo, Brasil puso en marcha un programa de sustitución de gasolina por alcohol en gran escala. Así se logró sustituir un 23% del consumo de gasolina del sector [5]. El alcohol se utiliza mezclado con gasolina al 22% en todos los vehículos de motor Otto convencional, y también en forma pura en vehículos fabricados o convertidos para emplear alcohol. Para 1989 existían en Brasil 11 millones de vehículos que consumían alcohol, 4 millones en forma pura y 7 millones mezclado con gasolina [6].

Consumo de energía eléctrica [1]

La participación de la electricidad en el transporte de la Región ha sido marginal, con apenas el 0,2% del consumo total del sector. No obstante, su crecimiento anual entre 1980 y 1992 (4,5% anual) ha sido superior al del consumo del transporte automotor (2,3%). Once países de ALC emplean electricidad en el transporte, fundamentalmente en sistemas de metro y ferrocarriles. Los mayores consumidores de electricidad en la Región son Brasil, México, Argentina,

Venezuela y Chile.

1.2 Precios de los combustibles[1]

Los precios de los combustibles para uso automotor en la Región han fluctuado considerablemente a lo largo del período de análisis, hecho que refleja los cambios acontecidos en materia de políticas de precios. La Figura 1 muestra la evolución de estos precios en valores corrientes en los países de mayor consumo energético de ALC. Se han utilizado como referencia los precios internos (sin impuestos) en los Estados Unidos.

1.3 Emisiones y problemas ambientales

El transporte automotor es la mayor fuente de contaminación atmosférica del sector energético en la Región[1]. En el período 1980-1992 fue responsable del 75% de las emisiones de hidrocarburos (HC) y del 84% de las emisiones de monóxido de carbono (CO) [1].

El alto nivel de emisiones del transporte y el creciente grado de urbanización de Región han contribuido a un notable deterioro de las condiciones del aire en las grandes ciudades latinoamericanas. Se estima que 50 millones de personas están siendo afectadas por niveles peligrosos de contaminación aérea [7]. México D.F., São Paulo y Santiago de Chile se encuentran entre las ciudades de mayor contaminación atmosférica en el mundo. Sin embargo, el consumo de GNC y alcohol ha ayudado a reducir la contaminación en varias ciudades, especialmente en Argentina y Brasil.

1.4 Parque automotor

Las estadísticas disponibles sobre el parque automotor en ALC no permiten realizar análisis detenidos sobre su evolución pasada y futura. A partir de la referencia 1 y de otras fuentes, se han obtenido diversos datos sobre el parque de 15 de los 26 países miembros de OLADE. El parque analizado representa un 85% del total de la Región.

Los 15 países poseían en 1991 aproximadamente 31 millones de vehículos automotores, de los cuales 83% eran de pasajeros, en su gran mayoría vehículos de uso particular (81% del total). El 17% restante corresponde a vehículos de carga, fundamentalmente camiones pesados. El 96% del parque utilizaba motores Otto (a gasolina y alcohol) y el 4% motores Diesel. El motor Otto predomina incluso entre los vehículos de carga y de transporte público de pasajeros. En 1980 la situación era esencialmente la misma.

En el período 1980-1991 el parque automotor de los 15 países analizados creció al 3,9% anual. Los vehículos 4x4, taxis, camionetas, camiones pesados y buses interurbanos en su orden tuvieron crecimientos superiores al del parque total, mientras que los automóviles de uso particular, los camiones livianos, los buses urbanos y los microbuses mostraron un crecimiento menor.

Aunque no se cuenta con estadísticas a nivel regional sobre la edad del parque automotor, se puede afirmar que una porción importante de los vehículos tiene 10 o más años de operación, factor que incide neg-

ativamente en la eficiencia energética global del mismo, tanto por el desgaste alcanzado como por la obsolescencia tecnológica de estos vehículos. La excesiva edad promedio del parque se originó en buena parte en la crisis económica que se produjo en ALC en la última década, con el consecuente deterioro del poder de compra de la población, el estancamiento de los sectores productivos y las restricciones impuestas a la importación de vehículos.

2. Perspectivas hacia el año 2000

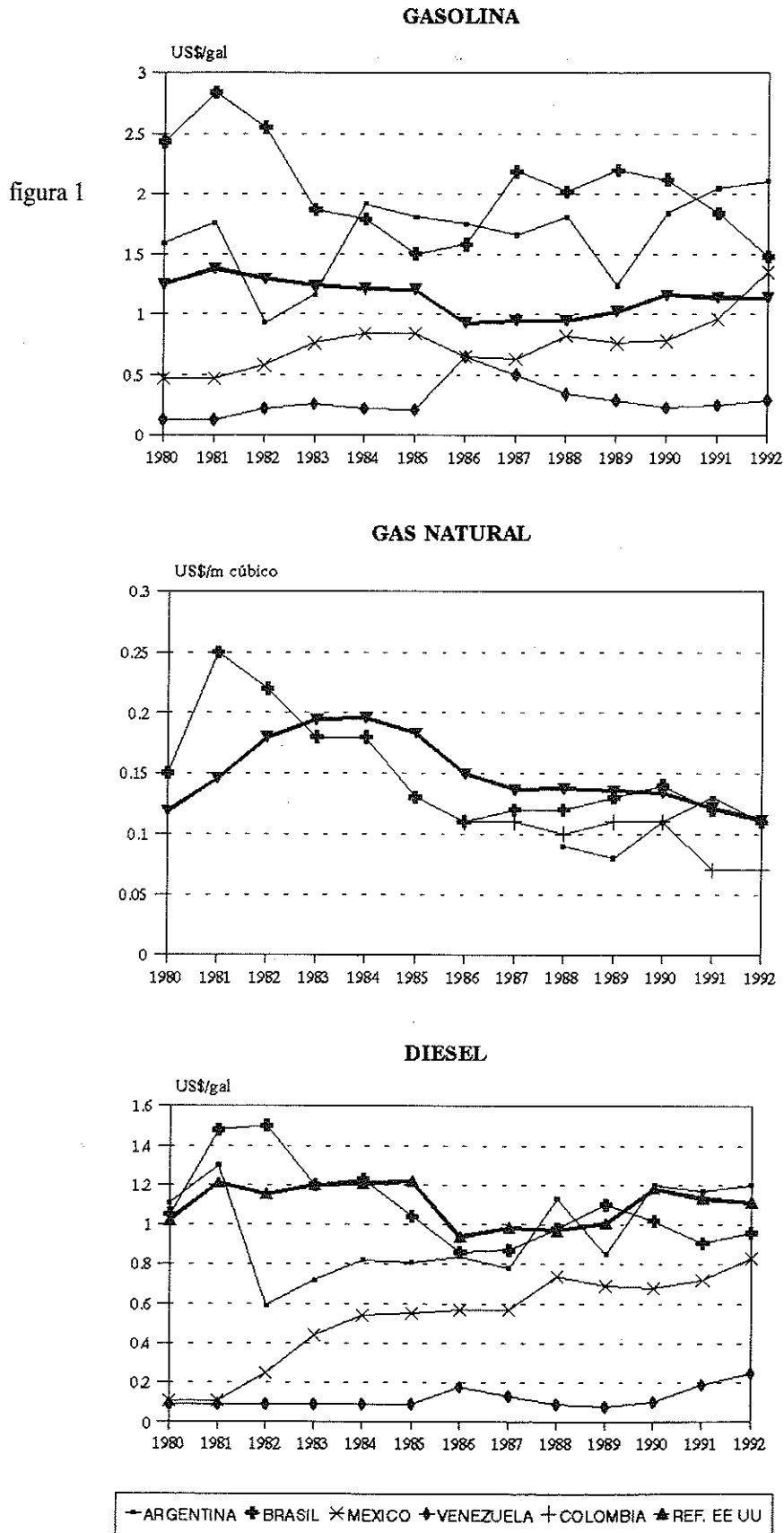
2.1 Consumo de energía

De acuerdo con las previsiones de la referencia 1, en el período 1992-2000 el transporte automotor continuará siendo el mayor consumidor de energía en ALC. Su participación en el consumo final total de energía se mantendrá alrededor del 30%. Este sector también será el principal consumidor de hidrocarburos (derivados de petróleo, alcohol y gas natural) con el 49% del consumo final total.

Se anticipa que en el mismo período el consumo del transporte automotor crecerá al 2,8% anual, frente a un crecimiento del PIB de 3,1% anual. Se espera que continuará la penetración del gas natural con un crecimiento anual de 9,7%, ritmo mucho menor al observado en el período 1985-1992. El GLP tendrá una penetración similar al del gas natural (8,2%). La gasolina (incluyendo alcohol) y el diesel crecerán a ritmos similares al del consumo total del sector.

La participación de la electricidad en el transporte continuará

Figura 1: Evolución de los precios de los combustibles automotores



siendo marginal, aunque tendrá un crecimiento anual de 3,6%, algo superior al del consumo del transporte automotor.

2.2 Emisiones [1]

El transporte automotor seguirá siendo el principal responsable de emisiones de contaminantes aéreos en la Región, con un comportamiento similar al observado en el período 1980-1992.

2.3 Parque automotor

No se dispone de previsiones sobre la evolución del parque automotor en ALC. En términos cualitativos, se espera que el parque automotor de la Región siga las tendencias esbozadas a continuación:

Transporte de pasajeros

La recuperación en el ritmo de crecimiento del PIB (3,1% anual), y por ende de los ingresos de los sectores medios y altos, incentivarán el incremento de los vehículos de uso particular, a expensas de los sistemas públicos de transporte. Ello aumentará la intensidad energética del transporte de pasajeros.

Los nuevos vehículos tendrán altas eficiencias energéticas resultantes del progreso tecnológico de la industria automotriz, lo cual contribuirá a disminuir el consumo específico del parque vehicular liviano.

La infraestructura vial no podrá ser ampliada al mismo ritmo de crecimiento del parque liviano; como consecuencia, las condiciones del tráfico se deteriorarán aún más, especialmente en las grandes ciudades.

La mayor eficiencia energética

ca del parque liviano se verá contrarrestada por el deterioro en las condiciones del tráfico.

Aunque en varias ciudades de ALC existen proyectos de construcción de sistemas masivos de transporte (por ejemplo, trolebuses, monorraíl, ferrocarril), no se vislumbra en el mediano plazo una reducción significativa de la intensidad energética en el transporte de pasajeros a nivel regional.

Transporte de carga

El mayor dinamismo de los sectores productivos incentivarán el crecimiento del parque de vehículos de carga

Los nuevos vehículos serán fundamentalmente a diesel, siguiendo las tendencias del mercado internacional. No es fácil prever si estos vehículos serán predominantemente livianos o pesados. En todo caso, la modernización y la mayor utilización de motores Diesel aumentarán la eficiencia energética del parque. Las limitaciones en la infraestructura vial contrarrestarán este incremento de eficiencia.

En el mediano plazo no se prevén sustituciones intermodales importantes (por ejemplo, ferrocarril, transporte fluvial) que disminuyan la intensidad energética del transporte de carga, a pesar de los proyectos que tienen varios países de ALC en este sentido.

Se anticipa que el actual proceso de apertura de los mercados de la Región influirá positivamente en la eficiencia energética del parque, ya que facilitará la sustitución de vehículos obsoletos por unidades de

alta eficiencia energética disponibles en el mercado internacional. Además, en aquellos países donde la industria local protegida fabricaba vehículos con tecnología obsoleta, la apertura introducirá la competencia con productos del mercado externo, proceso que en general favorecerá la eficiencia energética.

3. Soluciones Transitorias para el Mejoramiento de la Eficiencia Energética en el Sector Automotor de ALC

El transporte automotor origina serios impactos en la economía y en el ambiente de ALC debido a la alta demanda de divisas para adquisición de vehículos y para la importación de combustibles (en la mayoría de países de la Región), a las grandes inversiones en infraestructura vial y a la elevada contaminación atmosférica en las grandes ciudades. Estos impactos pueden ser aliviados en forma temporal mientras se buscan e implantan soluciones de fondo en el largo plazo. A continuación se delimitan algunas soluciones transitorias a ser puestas en práctica en forma coordinada.

3.1 Sistemas de inspección vehicular

Los sistemas de inspección vehicular en la Región están más orientados a la recaudación de diversos impuestos que a garantizar el buen estado del parque automotor. Las normas de inspección mecánica son muy laxas, incompletas y no se cumplen debidamente. El reforzamiento de estos sistemas puede ser una medida muy efectiva para mejorar la eficiencia energética y reducir la contaminación de los automotores. Para ello es indispen-

sable incorporar o mejorar la medición de emisiones de HC, CO, partículas (para motores Diesel) y eventualmente NO_x (en áreas con problemas de niebla fotoquímica), con sus correspondientes normas e infraestructura.

Los sistemas de inspección descritos deben ser complementados con mecanismos de control eficientes que impidan la circulación de los vehículos que no cumplan las normas de emisión.

3.2 Mantenimiento vehicular

Los pocos estudios realizados en los países de ALC muestran que la eficiencia energética del parque automotor es considerablemente menor que en países desarrollados, hecho que se atribuye fundamentalmente al bajo nivel de mantenimiento y a las condiciones desfavorables del tráfico.

El mantenimiento insuficiente de los vehículos puede deberse a la ausencia de controles, al bajo costo del combustible en relación al costo de las partes automotrices y a la deficiente infraestructura de los servicios de mantenimiento. La existencia de controles sobre las emisiones generará una demanda de buenos servicios de mantenimiento. Pero la eficiencia energética de los vehículos no sólo depende del motor sino también de otros componentes (transmisión, neumáticos, suspensión) que deben ser incluidos en la inspección vehicular.

También es indispensable modificar aquellas políticas gubernamentales que distorsionan la relación de costos entre el combustible y las

partes automotrices. En muchos países las distorsiones se extienden incluso a los vehículos nuevos, lo que dificulta la sustitución económicamente oportuna de los automotores.

La infraestructura de los servicios de mantenimiento mejorará incentivada por la demanda originada por los servicios de inspección. El Estado no obstante puede contribuir también a tal mejora mediante la homologación de talleres que cumplan requisitos mínimos para brindar los servicios de mantenimiento y reparación necesarios para cumplir las normas de inspección.

3.3 Reconversión de vehículos

La reconversión de vehículos obsoletos mediante la incorporación de innovaciones tecnológicas puede ser una solución económica de mediano plazo para mejorar la eficiencia y reducir las emisiones, especialmente en países deficitarios en divisas. De otro lado, estas innovaciones pueden permitir a los vehículos de mayor antigüedad cumplir normas de emisión inalcanzables con el diseño original del motor. Así se podría elevar la exigencia de las normas de emisión sin reducir demasiado el número de vehículos en circulación.

Entre las innovaciones cabe citar mejoras en la carburación y en el encendido de los motores Otto, y modificaciones en el sistema de inyección de los motores Diesel. Otras posibilidades de reconversión son la sustitución de motores o transmisiones por unidades reconstruidas de mayor eficiencia energética, y la instalación de convertidores catalíticos.

La reconversión de vehículos puede ser incentivada a través de normas y controles de emisión, y de otras medidas de los gobiernos (por ejemplo, mayores impuestos a los automotores obsoletos).

3.4 Calidad de los combustibles

La características de los combustibles afectan directamente la eficiencia energética y las emisiones de los vehículos. Las gasolinas de octanaje insuficiente causan autoignición y detonación, alteraciones en la combustión que reducen el rendimiento y la vida de los motores Otto. La adición de TML/TEL¹ a las gasolinas para elevar su octanaje es una de las principales fuentes de contaminación con plomo. El bajo número de cetano en los combustibles diesel dificulta su combustión ordenada con la consecuente caída de rendimiento y el aumento de emisiones del motor.

El octanaje y el número de cetano están determinados por el proceso de refinación. En general el parque refinador de la Región se ha rezagado ante la evolución de las especificaciones para motores de automóvil. La modernización de las refinerías requiere grandes inversiones que no podrán realizarse en el mediano plazo. Es posible no obstante realizar ajustes operativos e inversiones menores para mejorar en algún grado las especificaciones de los combustibles automotores, especialmente en aquellos países de menor experiencia en refinación.

Otro aspecto que deteriora la calidad de los combustibles es la contaminación con agua y sólidos en suspensión, que ocurre general-

mente en los sistemas de transporte, distribución y expendio. Su reducción se puede lograr mediante controles de calidad más estrictos por parte de las agencias gubernamentales responsables y la implantación de normas específicas para instalaciones de almacenamiento y expendio. La normativa se puede extender también a los sistemas de combustible de los vehículos.

3.5 Tráfico vehicular

La creciente congestión vehicular en las grandes ciudades de ALC es uno de los principales factores para el bajo rendimiento del parque automotor. Esta situación puede ser aliviada a costo relativamente bajo y a mediano plazo mediante una racionalización del caótico tráfico actual. Las medidas específicas varían de una ciudad a otra. A continuación se esbozan algunas posibilidades:

- ♦ Restricción a la circulación de vehículos de uso particular en áreas de alta congestión.
- ♦ Eliminación de estacionamientos en vías congestionadas; establecimiento de lotes de estacionamiento en áreas de alta demanda.
- ♦ Asignación de carriles o vías exclusivos para transporte público, motocicletas, bicicletas y peatones.
- ♦ Reprogramación de horarios de diferentes actividades para distribuir las necesidades de transporte a lo largo del día.
- ♦ Optimización y sincronización de semáforos

3.6 Infraestructura vial

Otra de las causas importantes del bajo rendimiento energético del parque vehicular en la Región es el insuficiente mantenimiento de la infraestructura vial, tanto urbana como interurbana. Una forma relativamente fácil de generar recursos para mantener en buen estado o incluso ampliar las vías es el establecimiento de peajes para su uso. Los sistemas de cobro y su ubicación deben ser estudiados cuidadosamente para garantizar su efectividad y a la vez no causar congestión adicional.

Las tarifas de peaje pueden ser utilizadas como herramienta para desplazar el tráfico urbano hacia horas valle y el tráfico interurbano hacia días valle.

4. Soluciones a Largo Plazo

La estrategia de desarrollo del transporte automotor a largo plazo debe buscar varios objetivos básicos:

- ♦ Reducir las necesidades de movilización de pasajeros y carga.
- ♦ Sustituir parcialmente el transporte automotor por medios menos intensivos en energía.
- ♦ Mejorar la eficiencia energética del parque automotor y reducir sus emisiones.
- ♦ Utilizar energías más limpias.

De aquí se derivan algunas soluciones de fondo para el transporte automotor en el largo plazo, a ser implantadas en forma coordinada.

4.1 Planificación urbana y rural

La actual planificación urbana y rural en ALC no considera suficientemente los aspectos energéticos, en este caso las implicaciones energéticas de la movilización de carga y pasajeros. Urge incorporar entre sus objetivos la reducción de las necesidades de transporte, dado su enorme impacto en la economía y en el ambiente.

Tal reducción puede lograrse mediante la adopción de criterios de planificación como descentralización de servicios y la ubicación estratégica de nuevos parques industriales.

4.2 Sistemas de transporte masivo de personas

En la mayoría de grandes ciudades de la Región los sistemas de transporte público de pasajeros consisten en flotas de buses que brindan un servicio deficiente. Esto constituye un fuerte estímulo al transporte individual, el cual a su vez interfiere con el servicio público. Se ha creado así un círculo vicioso que está llevando al transporte urbano a un estado cada vez más caótico, energéticamente menos eficiente y más contaminante.

La única solución radical a este problema es el establecimiento de sistemas masivos de transporte público que ofrezcan un servicio rápido y de baja intensidad energética. En ciertos casos los buses pueden ser una solución válida siempre que cuenten con unidades de alta eficiencia energética y vías expresas sin interferencia de otros vehículos. Con estos sistemas el transporte individual de personas

puede ser desplazado en buena parte, ya sea de una manera espontánea o a través de medidas específicas de desestímulo (por ejemplo, restricciones de circulación, impuestos).

Los sistemas de transporte masivo también pueden ser una solución energética y ambientalmente más conveniente para el transporte interurbano de pasajeros. En varios países de ALC existen líneas férreas que han sido relegadas por el transporte automotor. Su modernización y expansión puede ser una alternativa más económica que la ampliación del transporte por carretera.

4.3 Sustitución intermodal del transporte de carga

La experiencia de varios países demuestra que el transporte de carga por ferrocarril en largas distancias es más económico que el transporte por carretera. En condiciones comparables, los trenes propulsados por locomotora a diesel tienen una eficiencia energética al menos cuatro veces superior que una flota equivalente de camiones.[8] Los sistemas ferroviarios de la Región una vez modernizados y ampliados pueden ofrecer una alternativa de muy bajo costo para el transporte de carga en largas distancias.

Otras posibilidades a considerar son el transporte fluvial, el transporte marítimo costanero y el transporte a granel por ductos.

4.4 Transporte individual

Los vehículos de pasajeros de uso particular son el medio menos económico de transporte y

por tanto su desarrollo debe ser debidamente controlado. Sin embargo, el transporte individual de personas es hasta cierto punto un complemento indispensable de los sistemas públicos. Por tanto, para el transporte individual se debe promover el empleo de vehículos más eficientes (motocicletas, bicicletas) al igual que la movilización peatonal.

Se puede promover la utilización de motocicletas y bicicletas directamente (créditos, reducción de aranceles) y mediante facilidades de infraestructura (carriles exclusivos, vías expresas).

4.5 Infraestructura vial

En muchos casos la ampliación de la infraestructura vial seguirá siendo necesaria, a más de las soluciones antes planteadas, para aumentar la fluidez del tráfico. La ampliación debe incluir tanto las soluciones tradicionales (vías perimetrales, pasos elevados, ampliación y nuevas vías) como las facilidades para motocicletas, bicicletas y movilización peatonal.

Otro aspecto a considerar es la incorporación de sistemas de manejo del tráfico que optimicen el aprovechamiento de la infraestructura. Tales sistemas ya se han implantado en varias concentraciones urbanas de la Región y del mundo. Se citan como referencia los sistemas puestos en marcha en Córdoba (Argentina) [9] y en Singapur [10].

4.6 Eficiencia energética y emisiones del parque automotor

Los vehículos automotores a gasolina y diesel continuarán siendo

en el largo plazo el modo dominante de transporte de pasajeros y carga en ALC. De continuar las tendencias actuales de baja eficiencia energética y altas emisiones, será inevitable llegar a situaciones insostenibles para la población. Varias ciudades de la región ya han alcanzado límites críticos de contaminación atmosférica.

Es indispensable que los gobiernos creen marcos regulatorios e induzcan condiciones de mercado que promuevan la evolución del parque hacia una alta eficiencia energética y una baja contaminación.

4.7 Sustitución de combustibles

Gas natural

La Región posee abundantes reservas de gas natural. Su utilización en el transporte automotor es viable en forma directa (GNC) o vía conversión a metanol. El uso de GNC está limitado a vehículos que no requieren mayor autonomía de viaje. El metanol es utilizable en los motores Otto directamente o mezclado con gasolina; su empleo en motores Diesel todavía se encuentra en desarrollo.

Argentina ya ha emprendido un programa importante de conversión de vehículos a GNC (numeral 1.1). La mayor utilización de gas natural en el transporte automotor de ALC reduciría las emisiones de HC y CO, a la vez que aliviaría la dependencia de las importaciones de petróleo o derivados que tienen muchos países de la Región.

Etanol

El gran potencial agrícola de ALC puede ser aprovechado para la

producción de etanol a partir de vegetales como la caña de azúcar. El etanol puede ser utilizado en los motores Otto directamente o mezclado con gasolina.

La utilización de etanol reduce significativamente las emisiones de CO y HC pero aumenta las de NO_x, aunque aparecen emisiones de etanol no quemado y aldehídos que en principio se consideran inocuas.² Los mayores impactos ambientales se deben a los desechos de la producción de alcohol (bagazo, vinaza), los cuales afortunadamente pueden ser aprovechados en forma económica.

Brasil utiliza etanol en el transporte a gran escala; otros países de la Región lo aprovechan en bajas proporciones (numeral 1.1). El mayor empleo de etanol en el transporte automotor de AL&C permitiría reducir las emisiones y a la vez reducir el ritmo de agotamiento de las reservas energéticas no renovables.

Perspectivas futuras

De las numerosas alternativas propuestas para sustituir los vehículos de gasolina y diesel, la más promisoría parece ser la del automóvil eléctrico, propulsado por baterías [11] o por celdas de combustible [12]. Su utilización a escala comercial se prevé para principios o mediados del próximo siglo. Evidentemente el automóvil eléctrico de batería no produce emisiones directamente. Estas deben ser evaluadas a nivel del sistema que genera la energía eléctrica empleada por el vehículo.

El automóvil eléctrico de celda genera emisiones según el combustible utilizado. En todo caso, los combustibles más promisorios (por ejemplo, etanol) producirían impactos ambientales sustancialmente menores que los derivados de petróleo empleados en los motores actuales.

NOTAS

1. TML = tetrametilo de plomo; TEL = tetraetilo de plomo
2. Según algunas fuentes, los aldehídos y los nitratos de peroxiacetilo (formados por aldehídos en presencia de NO_x) son perjudiciales para la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. OLADE, Sistema de Información Económica-Energética (SIEE), diciembre de 1993.
2. Ministerio de Energía y Minas de Brasil, Balance Energético Nacional de 1993.
3. "Mercado Actual y Futuro del Gas Natural en la Argentina", *Proyecto Energético*, Año 7, No. 35, octubre de 1993.
4. Balances energéticos históricos de Costa Rica, Guatemala, y Paraguay.
5. A.V. Carvalho, Jr., y otros, "Evolución del Mix Energético y Racionalización del Sector de Transporte en Brasil", *Memorias del Seminario Ventajas y Desventajas de la Dieselización del Sector*

Transporte en América Latina, OLADE, 1988.

6. A.V. de Carvalho, Jr., y otros, "How Many Vehicles?" *Advanced Technology Assessment System*, No. 6, Naciones Unidas, 1991.
7. OLADE, *Situación Energética de América Latina y El Caribe: Transición hacia el Siglo XXI*, 1992.
8. *Policy Options for Improving Transportation Energy Efficiency in Developing Countries*, Energy and Environmental Analysis, Inc., marzo de 1990.
9. J. Bravo, y otros, "Sistema de Transporte Urbano de Pasajeros de la Ciudad de Córdoba", *Seminario Uso Racional de la Energía en el Transporte Urbano y Planificación Urbana*, Agence française pour la maîtrise de l'énergie, Secretaría de Energía de Argentina, Federación Mundial de Ciudades Unidas, 1990.
10. B.W. Ang, "Traffic Management Systems and Energy Savings in Singapore", *Advanced Technology Assessment System*, No. 6, Naciones Unidas, 1993.
11. D. Reister, "Status of Electric and Hydrogen Vehicle Development", *Advanced Technology Assessment System*, No. 6, Naciones Unidas, 1993.
12. Brown, "The United States Electric and Hybrid Vehicle Programme", *Advanced Technology Assessment System*, No. 6, Naciones Unidas, 1993.

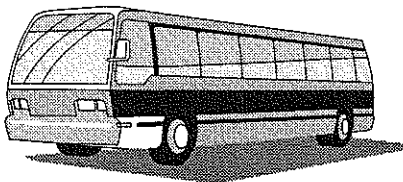


Challenges for Improving the Energy Efficiency of Motor Vehicle Transportation in Latin America and the Caribbean

Permanent Secretariat, OLADE

Motor vehicle transportation is the major consumer of hydrocarbons and the main source of atmospheric pollution stemming from the energy sector of Latin America and the Caribbean (LAC). OLADE forecasts up to the year 2000 indicate that this trend will continue over the medium term. In addition to the above-mentioned energy and environmental impacts, motor vehicle transportation requires high investments for transportation and road infrastructure. These impacts can be temporarily mitigated while more lasting long-term solutions are implemented. Several temporary solutions are proposed below:

- ◆ **Strengthening existing motor vehicle inspection systems** to recover the fleet's technical energy efficiency and reduce its emissions of pollutants.
- ◆ **Indirect incentives for adequate motor vehicle maintenance** by eliminating market distortions and implementing the above-mentioned motor vehicle inspection standards.



- ◆ **Incorporation of technological innovations** in obsolete vehicles to improve their efficiency and reduce their emissions.
- ◆ **Rationalization of traffic** to reduce urban car congestion.
- ◆ **Better maintenance of the road infrastructure** financed by resources drawn from the users themselves.

The long-term development of transportation should incorporate basic strategies, such as reducing travelling needs, introducing low energy-intensity means of transportation, improving the fleet's efficiency, and using cleaner energy products. As a result, some of the long-term, in-depth solutions that can be implemented are as follows:

- ◆ **Incorporation of the energy variable** in urban and rural planning.
- ◆ **Implementation of mass passenger transportation systems** such as trolleybuses, monorails, subways, and upgrading of railways.

- ♦ **Enlargement of intermodal freight transport** by railway, river transport, pipelines, and highways.
- ♦ **Stimulus for low energy-intensity individual transportation** (motorcycles, bicycles, and pedestrians).
- ♦ **Optimization of the existing road network** by means of traffic management systems and the construction of new infrastructure.
- ♦ **Regulatory frameworks and introduction of market conditions** to promote the evolution of the motor vehicle fleet toward patterns of high energy efficiency and low pollution.
- ♦ **Use of cleaner fuels** such as natural gas, methanol, and ethanol by tapping large gas and agricultural resources of LAC.

1. Evolution of the Region's Motor Vehicle Transportation: Energy and Environmental Aspects

1.1 Energy consumption [1, 2]

Motor vehicle transportation is the major energy consumer in Latin America and the Caribbean (LAC). In 1980-1992, its share in total final energy consumption was maintained at around 30%. In terms of final consumption of hydrocarbons (oil products, alcohol, and natural gas), it was also the principal user, accounting for 50% of total. Its annual growth (2.3%) was higher than that of the region's gross domestic product (GDP),

which amounted to 1.5%.

As of 1985, a substantial penetration of natural gas in transportation was recorded, with growth of 95.1% per year between 1985 and 1992. Another energy product with significant growth was alcohol, which rose 12.7% per year during 1980-1992.

Natural gas consumption

The consumption of natural gas for motor vehicles was promoted in Argentina by means of an important program aimed at converting motor vehicles to the use of compressed natural gas (CNG). Its consumption grew by 92% per year during 1985-1992, thanks to the mass conversion of motor vehicles to this fuel. By 1993, about 150,000 motor vehicles had been converted to CNG [3].

In Colombia, the consumption of CNG in transportation shows substantial growth since 1989. Since 1991, natural gas for motor vehicles is used in Chile. In Brazil, consumption of this fuel showed incipient development between 1989 and 1991 [1].

Alcohol consumption

Between 1980 and 1992, consumption of fuel alcohol has displayed steady growth in Brazil and Paraguay (12.7% and 14.2% per year, respectively). In Costa Rica, fuel alcohol was introduced in 1981 but its consumption began to disappear gradually until it was no longer used at all by 1986 [1, 4]. In Guatemala, experiments were carried out with this fuel in 1985 and 1986. Over the last few years, consumption of a small amount of

gasohol (mixture of gasoline and alcohol) was recorded in El Salvador.

There is no doubt that the use of fuel alcohol in Brazil is the most notorious case of energy substitution for transportation in the region. As a result of the oil price crisis, Brazil implemented a program geared to substituting gasoline for alcohol on a large scale. Thus, the sector was able to replace 23% of its gasoline [5]. Alcohol is mixed with gasoline on the order of 22% and is used in all conventional Otto motor vehicles; likewise, in its pure form, it is used in cars manufactured or converted to use alcohol. By 1989, there were 11 million motor vehicles that consumed alcohol in Brazil, 4 million of which in a pure form and 7 million mixed with gasoline [6].

Electric power consumption [1]

Share of electricity in the region's transportation has been marginal, with hardly 0.2% of the sector's total consumption. Nevertheless, its annual growth between 1980 and 1992 (4.5% per year) has been higher than consumption of motor vehicle transportation (2.3%). Eleven LAC countries use electricity in transportation, essentially subway and railway systems. The largest consumers of electricity in the Region are Brazil, Mexico, Argentina, Venezuela, and Chile.

1.2 Fuel prices [1]

The prices of fuels for motor vehicle use in the region have fluctuated considerably throughout the period being reviewed; this reflects the changes that have occurred in terms of prices

ing policy. Figure 1 shows the evolution of these prices in current values in the countries with the highest energy consumption in LAC. Domestic prices (without taxes) in the United States have been used as a reference.

1.3 Emissions and environmental problems

Motor vehicle transportation is the major source of atmospheric pollution in the region's energy sector [1]. During the period 1980-1992, it accounted for 75% of hydrocarbons (HC) emissions and 84% of carbon monoxide (CO) emissions [1].

The high level of emissions from transportation and the region's growing urbanization have contributed to the marked deterioration of air quality conditions in large Latin American cities. It is estimated that 50 million people are being affected by dangerously high levels of air pollution[7]. Mexico City, São Paulo, and Santiago de Chile are among the cities with the worst atmospheric pollution in the world. Nevertheless, consumption of CNG and alcohol has helped to reduce pollution in various cities, especially in Argentina and Brazil.

1.4 Motor vehicle fleet

The statistics available on the motor vehicle fleet in Latin America and the Caribbean do not permit a thorough and accurate review of its past and future evolution. On the basis of reference 1 and other sources, various data have been obtained on the fleet of 15 out of 26 member countries of OLADE. The fleet reviewed accounts for 85% of the region's total.

In 1991, these 15 countries had 31 million motor vehicles, of which 83% were passenger cars, for the most part for personal use (81% of total). The remaining 17% corresponds to freight vehicles, basically heavy-duty trucks. Ninety-six percent of the fleet used Otto engines (gasoline and alcohol) and 4% Diesel engines. The Otto engine prevails even among freight vehicles and public passenger transportation. In 1980, the situation remained essentially unchanged.

During the period 1980-1991, the motor vehicle fleet of the 15 countries reviewed grew by 3.9% per year. The four-wheel drive vehicles, taxis, pickup trucks, heavy-duty trucks, and inter-city buses, in that order, displayed growth rates that were higher than the fleet as a whole, whereas personal passenger cars, small trucks, urban buses, and minibuses displayed lower growth.

Although regional statistics on the age of the motor vehicle fleet are not available, it can be asserted that a large proportion of the vehicles have been operating for 10 years or more, a factor that negatively affects the overall energy efficiency of the fleet, not only due to the wear of the vehicles but also their technological obsolescence. The overly high average age of the fleet has its roots in the region's economic crisis during the eighties, with the declining purchasing power of the population, stagnation of productive sectors, and constraints imposed on the import of motor vehicles.

2. Outlook for the year 2000

2.1 Energy consumption

According to forecasts of reference 1, during 1992-2000 motor vehicle transportation will continue to be the major energy consumer in Latin America and the Caribbean. Its share of total final energy consumption will remain at about 30%. This sector will also be the main consumer of hydrocarbons (oil products, alcohol, and natural gas) with 49% of total final consumption.

It is expected that, over the same period, the consumption of motor vehicle transportation will grow by 2.8% per year, compared to a GDP growth of 3.1% per year. It is hoped that natural gas's penetration will continue at an annual growth of 9.7%, a much lower rate than the one observed in the period 1985-1992. LPG will have a penetration similar to that of natural gas (8.2%). Gasoline (including alcohol) and diesel will grow at rates similar to that of total sector consumption.

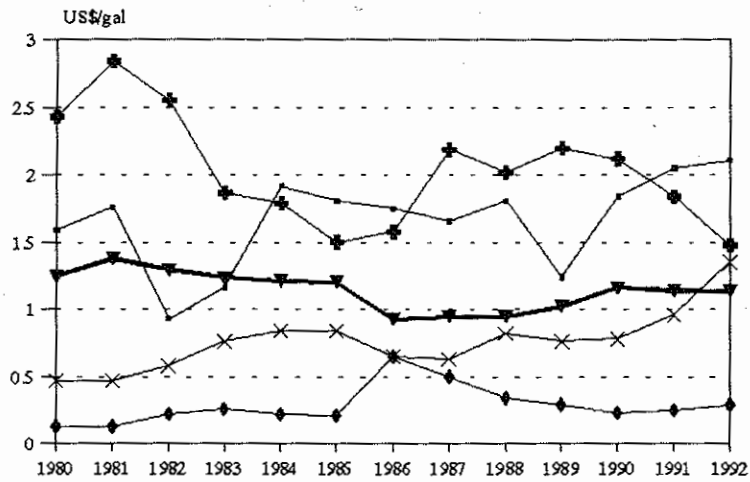
The share of electricity in transportation will continue to be marginal, although it will have an annual growth of 3.6%, somewhat higher than that of motor vehicle transportation consumption.

2.2 Emissions [1]

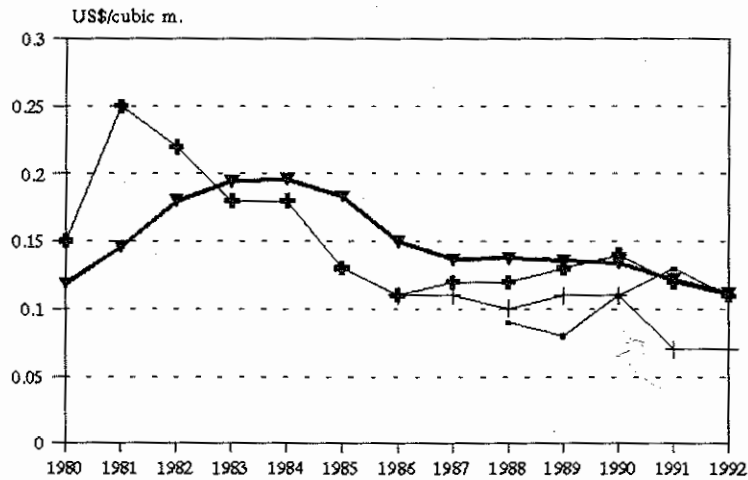
Motor vehicle transportation will continue to be largely responsible for air pollution emissions in the region, with an evolution similar to the one observed during the period 1980-1992.

Figure 1: Evolution of motor vehicle fuel prices

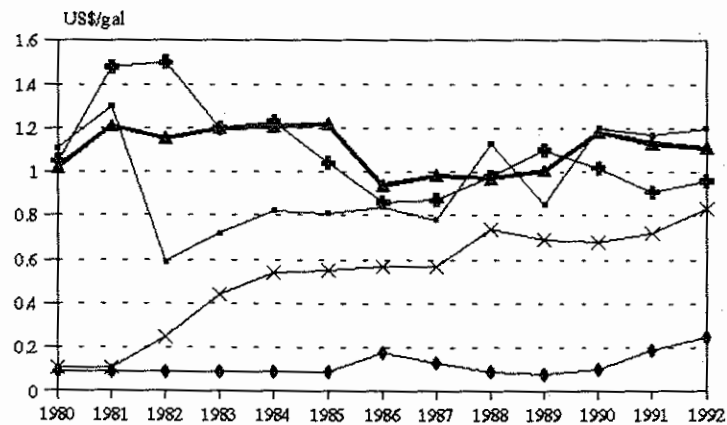
GASOLINE



NATURAL GAS



DIESEL



— ARGENTINA + BRAZIL × MEXICO ◆ VENEZUELA † COLOMBIA ★ REF. USA

2.3 Motor vehicle fleet

There are no forecasts on the evolution of the motor vehicle fleet in Latin America and the Caribbean. In qualitative terms, it is expected that the motor vehicle fleet of the region will continue to display the trends specified below:

Passenger transportation

Recovery of the GDP growth rate (3.1% per year) and therefore the incomes of middle- and high-income sectors will provide incentives for increasing the use of personal passenger cars, to the detriment of public transportation systems. This will increase the energy intensity of passenger transportation.

New vehicles will have higher energy efficiency, as a result of technological breakthroughs in the car industry, which will help to reduce the specific consumption of the light-duty motor vehicle fleet.

The road infrastructure will not be extended at the same growth rate as the light-duty fleet; as a result traffic conditions will deteriorate further, especially in large cities.

Traffic conditions, therefore, will counteract the higher energy efficiency achieved by the light-duty car fleet.

Although in various LAC cities there are projects for building mass passenger transportation systems (for example, trolleybus, monorail, railway), over the medium term it is not expected that there will be a significant reduction of energy intensity in the transporta-

tion of passengers at the regional level.

Freight transport

The greater thrust of productive sectors will encourage the growth of the freight vehicle fleet.

The new vehicles will essentially be driven on gasoline, following international market trends. It is not easy to forecast if these vehicles will be predominantly light-duty or heavy-duty. In any case, modernization and greater utilization of Diesel motors will increase the fleet's energy efficiency. Limitations of the road infrastructure, however, will counteract this increase in efficiency.

Over the medium term, no important intermodal substitutions are expected (for example, railway, river transport) which would reduce the energy intensity of freight transport, despite the projects that various LAC countries are implementing in this regard.

It is estimated that the current process of market openness in the region will positively affect the fleet's energy efficiency, since it will facilitate the substitution of obsolete vehicles for units with high energy efficiency available on the international market. In addition, in these countries where the protected local industry manufactures vehicles with obsolete technology, the openness will introduce competition with products from the external market, a process that will generally favor energy efficiency.

3. Temporary Solutions for Improving Energy Efficiency in the Motor Vehicle Sector of LAC

Motor vehicle transportation exerts severe impacts on the economy and environment of LAC owing to the high demand for foreign currencies to purchase vehicles and to import fuels (in most countries of the region), the large investments in the road infrastructure, and the high atmospheric pollution in the large cities. These impacts can be mitigated temporarily, while long-term, in-depth solutions are sought. Several temporary solutions that can be implemented in a coordinated fashion are outlined below.

3.1 Motor vehicle inspection systems

The motor vehicle inspection systems in the region are more geared to collecting various taxes than to ensuring the car fleet's good conditions. Mechanical inspection standards are very lax, incomplete and are not duly complied with. Strengthening these systems could be a highly effective measure to improve energy efficiency and reduce pollution from motor vehicles. For this, it is indispensable to incorporate or improve the measurement of emissions of HC, CO, particulates (for Diesel motors), and eventually NO_x (in areas with photochemical fog problems), with their corresponding standards and infrastructure.

The inspection systems described should be complemented by efficient control mechanisms that prevent vehicles that do not comply with the emission standards from circulating.

3.2 Motor vehicle maintenance

The few studies carried out in LAC countries indicate that the motor vehicle fleet's energy efficiency is considerably lower than in developed countries; this is mainly attributable to the low level of maintenance and unfavorable traffic conditions.

The insufficient maintenance of vehicles may be due to the absence of controls, the low cost of fuel compared to the cost of automotive parts, and the deficient infrastructure of maintenance services. The closer monitoring of emissions, however, will generate a demand for high-quality maintenance services. But the energy efficiency of motor vehicles depends not only on the engine but also on other components (transmission, tires, suspension) which should be included in the vehicle's inspection.

It is also indispensable to modify those government policies that distort the cost ratio between fuel and car parts. In many countries, the distortions are extended even to new vehicles, which hinders the economically timely substitution of motor vehicles.

The maintenance service infrastructure will improve, as a result of demand for inspection services. Nevertheless, the State can also contribute to this improvement by certifying garages that comply with the minimum requirements to provide maintenance and repair services aimed at complying with inspection standards.

3.3 Vehicle reconversion

The reconversion of obsolete

vehicles by incorporating technological innovations can be a medium-term economic solution to improve efficiency and reduce emissions, especially in countries that have a shortage of foreign currencies. In addition, these innovations can enable the oldest vehicles to comply with emission standards that cannot be reached with the engine's original design. Thus, the demand for emission standards can be increased without excessively reducing the number of vehicles on the road.

Among these innovations, improvements in carburetion and ignition of Otto engines should be mentioned along with modifications in the injection system of Diesel engines. Other reconversion possibilities are the substitution of engines or transmissions for rebuilt units with higher energy efficiency and the installation of catalytic converters.

The reconversion of motor vehicles can be promoted by emission standards and controls, and other government measures (for example, high taxes on obsolete motor vehicles).

3.4 Fuel quality

The characteristics of the fuels directly affect energy efficiency and the emissions of motor vehicles. Gasolines with insufficient octane rating provoke self-ignition and knocking, which are alterations in combustion that reduce the efficiency and life of Otto engines. The addition of tetramethyl lead (TML)/tetraethyl lead (TEL) to the gasolines to increase their octane rating is one of the major sources of

lead pollution. The low cetane rating in diesel fuels hinders orderly combustion and therefore leads to falls in efficiency and increases in motor emissions.

The octane and cetane ratings are determined by the refining process. In general, the refining installations of the region have lagged regarding the evolution of motor vehicle specifications. Retrofitting refineries requires large investments that cannot be made over the medium-term. It is possible, nevertheless, to make operational adjustments and small investments to improve, to some extent, the specifications of the motor vehicle fuels, especially in those countries with less experience in refining.

Another aspect that deteriorates the quality of fuels is pollution with water and suspended solids, which generally occurs in transportation, distribution, and sales systems. Reduction of this problem can be achieved through stricter quality controls by the competent government agencies, as well as the implementation of specific standards for storage and distribution installations. The standards can also be extended to fuel systems for vehicles.

3.5 Motor vehicle traffic

Growing traffic congestion in large cities of Latin America and the Caribbean is one of the major reasons for the low efficiency of the motor vehicle fleet. This situation may be resolved at a relatively low cost and over the medium term by rationalizing current traffic chaos. Specific measures fluctuate from

one city to another, but some general possibilities are outlined below:

- ◆ Restrictions for personal passenger vehicle traffic in high congestion areas.
- ◆ Elimination of parking along highly travelled roads; the installation of parking lots in high-demand areas.
- ◆ The designation of special lanes or roads exclusively for public transportation, motorcycles, bicycles, and pedestrians.
- ◆ Rescheduling working hours of different activities in order to redistribute transportation needs throughout the day.
- ◆ Optimization and synchronization of traffic lights.

3.6 Road infrastructure

Another important reason for the low energy efficiency of the region's motor vehicle fleet is the poor maintenance of the road infrastructure both inside the city and between cities. One relatively easy way to generate resources to keep maintenance under good conditions or even to enlarge the roads is the establishment of tolls for their use. The collection systems and location of the tolls should be carefully studied to ensure their effectiveness and to avoid additional traffic congestion.

The tolls can be used as an instrument to displace urban traffic toward off-hours and inter-urban traffic toward off-days.

4. Long-Term Solutions

The long-term strategy to develop motor vehicle transportation should seek various objectives:

- ◆ To reduce the needs of passenger and freight travel
- ◆ To partially substitute motor vehicle transport for less energy-intensive means of transportation.
- ◆ To improve the energy efficiency of the motor vehicle fleet and reduce its emissions.
- ◆ To use cleaner energy sources.

On the basis of the above, some in-depth solutions to motor vehicle transportation over the long term can be implemented in a coordinated fashion.

4.1 Urban and rural planning

Current urban and rural planning in Latin America and the Caribbean does not sufficiently consider energy aspects, that is, the energy implications of passenger and freight transport. It is urgent to incorporate into planning the reduction of travelling needs, in view of its considerable impact on the economy and the environment.

This reduction can be achieved by adopted planning criteria such as decentralization of services and the strategic location of new industrial parks.

4.2 Mass passenger transportation systems

In most of the region's large cities, public passenger transportation systems consist of buses that

provide deficient services. This fosters personal car transportation, which in turn interferes with public service. A vicious circle leading urban transportation to an increasingly chaotic situation, with lower energy efficiency and more pollution, is thus being created.

The only radical solution to this problem is the establishment of mass public transportation systems that offer rapid service with low energy intensity. In certain cases, buses may be a valid solution as long as the vehicles used are highly efficient and there are lanes set aside for public transportation without the interference of other vehicles. By means of these systems, individual passenger transportation can be largely displaced, either spontaneously or through specific disincentives (for example, traffic restrictions, taxes, etc.).

Mass transportation systems can also be viewed as an environmentally sound, energy-saving solution for the inter-city transportation of passengers. In various countries of LAC, there are railways that have been relegated due to the boom in motor vehicle transportation. Modernization and expansion of railways could be a more economical alternative to extending the highway infrastructure.

4.3 Intermodal freight transport substitution

The experience of various countries shows that freight transport by railway over long distances is more economical than highway transportation. Under comparable conditions, trains driven by diesel-fired locomotives have an

energy efficiency that is at least four times higher than an equivalent fleet of trucks.[8] The region's railway systems, once upgraded and enlarged, could offer a very low-cost alternative for long-distance freight transport.

Other possibilities to be considered are river transport, seacoast transport, and bulk transport by pipelines.

4.4 Individual transportation

Personal passenger vehicles are the least economical means of transportation and therefore their use should be duly controlled. Nevertheless, personal cars are, to a certain extent, an indispensable complement to public transportation systems. Therefore, for individual transportation, the use of more efficient vehicles (motorcycles, bicycles) and pedestrian mobility should be promoted.

The use of motorcycles and bicycles can be promoted directly (loans, reduction of customs tariffs) and by providing infrastructure and facilities (reserved lanes, express lanes).

4.5 Road infrastructure

In many cases, the enlargement of the road infrastructure will continue to be necessary, in addition to the above-mentioned solutions, in order to enhance the flow of traffic. This expansion should include traditional solutions (beltways, overhead crossings, expansion, and new roads) as well as facilities for motorcycles, bicycles, and pedestrians.

Another aspect to be considered is the incorporation of traffic

management systems that optimize use of the infrastructure. These have already been installed in various urban conglomerates in the region and throughout the world. The systems implemented in Córdoba, Argentina [9] and in Singapore may be cited as examples [10].

4.6 Energy efficiency and motor vehicle fleet emissions

Over the long term, motor vehicles using gasoline and diesel will continue to prevail as the most widely used mode of passenger and freight transport. If current trends of low energy efficiency and high emissions are maintained, situations that are unbearable for the population will inevitably emerge. Several cities of the region have already reached critical limits of atmospheric pollution.

It is indispensable for governments to create regulatory frameworks geared to inducing market conditions that promote the fleet's evolution toward higher energy efficiency and lower pollution.

4.7 Fuel substitution

Natural gas

The region has an abundance of natural gas reserves. Its use for motor vehicle transportation is feasible either directly (CNG) or through its conversion into methanol. The use of CNG is limited to vehicles that are not used to cover considerable travelling distances. Methanol is used directly in Otto engines or mixed with gasoline; its use in Diesel engines is still being developed.

Argentina has already undertaken an important vehicle conversion program to use CNG (see section 1.1). The greater utilization of natural gas in motor vehicle transportation for LAC would reduce HC and CO emissions and, at the same time, would diminish the dependence on imports of crude or oil products that characterizes most of the region's countries.

Ethanol

The large agricultural potential of LAC can be used for producing ethanol from plants such as sugar cane. Ethanol can be used in Otto engines directly or mixed with gasoline.

The use of ethanol significantly reduces CO and HC emissions but increases NO_x emissions, although emissions of unburned ethanol and aldehydes, which theoretically are considered to be innocuous, are also apparent.¹ The largest environmental impacts come from alcohol production wastes (bagasse, spent wash), which fortunately can be used economically.

Brazil uses ethanol for large-scale transportation; other countries of the Region use small amounts of ethanol (see section 1.1). The major use of ethanol in motor vehicle transportation in LAC would enable reducing emissions and at the same time controlling the fast pace of depletion of non-renewable energy reserves.

Future prospects

Of the numerous alternatives proposed for substituting gasoline and diesel vehicles, the most promising seems to be the electric car, driven by batteries [11]

or fuel cells [12]. It is expected that this vehicle will be used on a commercial scale by early or mid 21st century. Obviously the battery-driven electric car does not produce direct emissions. These would have to be assessed in terms of the system that generates the electricity used by the vehicle.

The fuel-cell electric car generates emissions depending on the fuel used. In any case, the most promising fuels (for example, ethanol) would produce environmental impacts that are substantially lower than the oil products used in current engines.

NOTES

1. According to some sources, aldehydes and peroxyacetyl nitrates (formed by aldehydes in the presence of NO_x) are harmful to human health.

REFERENCES

1. OLADE, Energy-Economic Information System (SIEE), December 1993

2. Ministry of Energy and Mines of Brazil, 1993 National Energy Balance, 1993
3. "Mercado Actual y Futuro del Gas Natural en la Argentina," *Proyecto Energético*, Year 7, No. 35, October 1993
4. Historical energy balances of Costa Rica, Guatemala, and Paraguay
5. A.V. Carvalho, Jr., and others, "Evolución del Mix Energético y Racionalización del Sector de Transporte en Brasil," *Proceedings of the Seminar Advantages and Drawbacks of Dieselization of the Transportation Sector in Latin America*, OLADE, 1988
6. A.V. de Carvalho, Jr., and others, "How Many Vehicles?" *Advanced Technology Assessment System*, issue 6, United Nations, 1991
7. OLADE, *Energy Situation of Latin America and the Caribbean: Transition Toward the 21st Century*, 1992
8. *Policy Options for Improving Transportation Energy Efficiency in Developing Countries*, Energy and Environmental Analysis, Inc., March 1990
9. J. Bravo, and others, "Sistema de Transporte Urbano de Pasajeros de la Ciudad de Córdoba," *Seminar on Rational Use of Energy in Urban Transportation and Urban Planning*, French Energy Control Agency, Energy Secretariat of Argentina, World Federation of United Cities, 1990
10. B.W. Ang, "Traffic Management Systems and Energy Savings in Singapore," *Advanced Technology Assessment System*, issue 6, United Nations, 1993
11. D. Reister, "Status of Electric and Hydrogen Vehicle Development," *Advanced Technology Assessment System*, issue 6, United Nations, 1993
12. Brown, "The United States Electric and Hybrid Vehicle Programme," *Advanced Technology Assessment System*, issue 6, United Nations, 1993.

