



NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE: ALGUNAS PERSPECTIVAS E IMPLICACIONES PARA MEXICO

Instituto Mexicano del Transporte
Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Publicación Técnica No. 47
Sanfandila. Qro. 1993

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Nuevas tecnologías de transporte:
algunas perspectivas e implicaciones
para México**

**Publicación Técnica No. 47
Sanfandila, Qro. 1993**

Indice

1. Introducción	1
2. Tecnología del transporte	3
2.1. Locomoción y contención de carga.	3
2.2. Infraestructura.	4
2.3. Operación.	4
2.4. Conservación.	5
2.5. Informática y telecomunicaciones.	5
3. Fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico en el transporte	7
3.1. Capital.	9
3.2. Recursos Humanos.	9
3.3. Energía.	10
3.4. Espacios físicos.	11
3.5. Impacto ambiental.	11
3.6. Seguridad.	12
3.7. Congestionamiento.	12
4. Nuevas tecnologías de transporte	15
El Contenedor y sus tecnologías asociadas.	16
4.1.1. Buques portacontenedores.	16
4.1.2. Terminales marítimas especializadas.	17
4.1.3. Contenedores refrigerados.	19
4.1.4. Carros portacontenedores de doble estiba.	20
4.1.5. Terminales intermodales automatizadas.	20
4.1.6. Contenedores de nueva generación.	21
4.1.7. Sistemas híbridos ferrocarril/carretera.	22
Informática para la gestión del transporte.	23
4.2.1. Sistema de posicionamiento global.	24
4.2.2. Sistemas de control automatizado de trenes (ATCS).	26
4.2.3. Sistemas de reservaciones por computadora.	28
4.2.4. Sistemas de intercambio electrónico de datos.	28
4.2.5. Tecnologías para el manejo de materiales.	31
4.2.6. Modernización del mantenimiento de infraestructura de transporte.	32
4.2.7. Automatización en aeropuertos.	33

Evolución tecnológica gradual.	33
4.3.1. Trenes de alta velocidad para pasajeros.	34
4.3.2. Evolución gradual de la tecnología aeronáutica.	36
4.3.3. Cambio gradual de la tecnología automotriz.	37
4.3.4. Nuevas tendencias en infraestructura.	39
Nuevos desarrollos tecnológicos.	40
4.4.1. Combustibles alternativos.	40
4.4.2. Trenes de levitación magnética.	41
4.4.3. Aviones supersónicos.	42
4.4.4. Automóviles eléctricos.	43
4.4.5. Terminales de contenedores automatizadas.	44
4.4.6. Dirigibles.	46
4.4.7. Sistemas inteligentes vehículo-carretera (IVHS).	46
4.4.8. Sistemas automatizados de control de vehículos pesados.	49
4.4.9. Sistema de navegación aérea del futuro.	50
5. Implicaciones para una política tecnológica en el transporte	53
6. Conclusiones	65
7. Referencias	69

1. Introducción

A través de la investigación científica, el hombre adquiere nuevos conocimientos, sin detenerse a buscar aplicaciones o formas de aprovecharlos. El desarrollo tecnológico parte del conocimiento generado por la ciencia y tiene por objetivo primordial aprovecharlo para encontrar nuevas formas de hacer o de transformar con fines provechosos. Desde el punto de vista del uso que una sociedad da a la tecnología, ésta puede considerarse como "el conjunto del conocimiento aplicado fundamental para la producción, la administración, la comercialización y la distribución de bienes y servicios" (1).

En la actualidad, el cambio tecnológico se reconoce como un elemento decisivo para el crecimiento económico a largo plazo de una colectividad. Para aumentar el bienestar de sus habitantes, las naciones dependen cada vez menos de sus recursos naturales, de lo abundante o económico de la mano de obra, de ventajas coyunturales derivadas de un manejo determinado de las variables macroeconómicas e incluso de su posición geográfica. En contraposición, es cada vez más relevante la capacidad nacional de adaptarse a circunstancias dinámicas, de organizarse para enfrentar nuevas situaciones, de innovar a través de la generación de tecnologías y, en suma, de elevar la productividad de sus economías mediante formas innovadoras de trabajar.

La capacidad de un país de desarrollar tecnología acorde con sus necesidades prevaletes está en el centro del proceso de desenvolvimiento socioeconómico, sin importar si las nuevas tecnologías aumentan en forma gradual la eficiencia y la productividad de tecnologías existentes o si constituyen avances revolucionarios que abren nuevas áreas de negocios y cambian radicalmente la manera de realizar tareas específicas.

La enorme variedad de las actividades humanas precisa de tecnologías apropiadas, tanto en el trabajo como en la educación, el esparcimiento y la cultura. En consecuencia, en cada sector de actividades están en permanente desarrollo tecnologías capaces de atender sus requerimientos particulares con mayores niveles de productividad, eficiencia y calidad y muchas veces a una fracción del costo anterior.

El transporte, como actividad humana, precisa de diversos apoyos para cumplir su función primordial, que es mover personas y objetos de un lugar a otro para que realicen sus actividades esenciales o para que intervengan en los procesos de aprovisionamiento, producción, distribución y consumo típicos de una economía moderna. En una acepción muy general, las formas y los medios de que dispone para cumplir con su función en forma eficaz, eficiente y segura pueden resumirse en el concepto de tecnología de transporte.

En el mundo, la evolución de la tecnología del transporte es constante y ocurre desde numerosos frentes. Dado que la adaptación, generación e implantación de tecnologías de transporte tiene profundas repercusiones a escala nacional, este trabajo parte del reconocimiento de que el manejo adecuado de la variable tecnológica es un elemento fundamental de la política de transporte, en virtud de sus variados efectos sobre los costos y la eficiencia de los sistemas de transporte en servicio; sobre la naturaleza, magnitud y oportunidad de las inversiones a efectuar; sobre las reglamentaciones que el Estado haya de promulgar en ámbitos económicos, de seguridad e impacto ambiental; y sobre todos aquellos factores que influyan en la compatibilidad del sistema de transporte nacional con los de otros países.

Por otra parte, la constante necesidad de renovación y/o adaptación tecnológicas en el transporte ofrece un campo propicio para establecer una política de investigación y desarrollo tecnológico en esta materia, con estrategias para la gradual adquisición, adaptación, imitación y generación de tecnologías de interés en los diversos ámbitos del transporte.

Dentro del contexto de lo expuesto, los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- i) Revisar las áreas que comprende la tecnología de transporte e identificar las principales fuerzas que impulsan su desarrollo;
- ii) Detectar y presentar tecnologías que hoy y en el futuro ocuparán un lugar preponderante a nivel mundial;
- iii) Identificar, del conjunto de tecnologías disponibles en el mundo, cuáles son las que con mayor probabilidad se implantarán en México;
- iv) Apuntar algunos elementos necesarios para establecer una estrategia tecnológica para el sector transporte.

Para lograr los objetivos señalados, el capítulo 2 presenta las principales áreas en las que se requiere la tecnología del transporte. En el capítulo 3 se presentan las principales fuerzas generadoras de cambio tecnológico en el transporte moderno. El capítulo 4 describe tecnologías relevantes en el mundo, ahora o en el futuro. El capítulo 5 presenta diversas consideraciones relativas a las consecuencias de esos desenvolvimientos para México y, por último, en el capítulo 6 se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

2. Tecnología del transporte

Por la naturaleza, la complejidad y la variedad de las tareas a cumplir por el transporte, sus requerimientos tecnológicos son abundantes. La tecnología del transporte abarca todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Se refiere a los objetos a transportar y a la forma de prepararlos para los desplazamientos, los tramos a recorrer, los vehículos, los contenedores para depositar la carga o para que viajen los pasajeros, las terminales y las redes de componentes; también incluye a los sistemas de mantenimiento y de información. Cada componente del transporte puede adquirir formas diferentes, según el modo de transporte de que se trate o la forma en que se combine la intervención de dos o más de ellos.

Las características de cada modo de transporte obligan a que cambie la forma y, en consecuencia, la tecnología requerida para resolver las mismas necesidades esenciales. Así, se identifican cinco áreas en las que todo modo de transporte requiere apoyo tecnológico: locomoción y contención de la carga y/o el pasaje, infraestructura, operación, mantenimiento y procesamiento de información. Algunas características del movimiento en los diferentes modos de transporte - por ejemplo, el hecho de que los trenes rueden sobre rieles, los barcos naveguen en el mar o los aviones vuelen en el espacio aéreo - imponen condiciones a las que debe adaptarse la tecnología. Por ello, ésta varía notablemente de un modo de transporte a otro, aunque también ocurre que una misma tecnología puede usarse en varios modos con muy pocas modificaciones.

2.1. Locomoción y contención de carga

Para asegurar la posibilidad de desplazamiento de un sitio a otro, todo modo de transporte requiere medios de locomoción. La evolución tecnológica del transporte ha estado estrechamente vinculada con la aparición y el desarrollo de nuevas formas de locomoción, desde el uso de la propia energía del hombre y el aprovechamiento de bestias de carga hasta los medios de locomoción aérea. En este ámbito, un componente fundamental lo constituyen las tecnologías de propulsión, pues gracias a ellas es posible aprovechar la energía en alguna de sus formas para vencer resistencias físicas y propiciar el movimiento de un vehículo con un rendimiento adecuado. Sin embargo, el desarrollo de tecnologías de locomoción socialmente aceptables no sólo exige la capacidad de generar fuerzas propulsivas suficientes para mover los vehículos, sino también mecanismos para controlar su magnitud y su aplicación durante la operación para lograr condiciones aceptables de seguridad y un mínimo de consecuencias nocivas para el medio ambiente.

Dada la enorme variedad de objetos a transportar y la permanente necesidad de moverlos con economía y seguridad, el desarrollo de equipos para la contención de carga y/o pasajeros es otro campo de gran amplitud para la tecnología. La existencia de mercados con exigencias y requerimientos disímboles ha detonado esfuerzos permanentes por desarrollar equipos cada vez más especializados, así como técnicas y procedimientos novedosos para asegurar una más eficiente preparación de la carga a movilizar, un óptimo aprovechamiento de la capacidad de carga disponible y un mínimo de pérdidas por mermas y deterioros de la carga en tránsito.

2.2. Infraestructura.

Los principales requerimientos tecnológicos en materia de infraestructura se concentran en los sistemas de vía y en las instalaciones de transferencia. En algunos casos, como el carretero y el ferroviario, los sistemas de vía son necesarios para sustentar el movimiento de los vehículos y proporcionarles una buena superficie de rodamiento. En otros, como el marítimo o el aéreo, los requerimientos son puntuales, usualmente concentrados dentro de las instalaciones de transferencia o en sus cercanías.

Las instalaciones de transferencia son sitios para efectuar el traslado de cargas, pasajeros o incluso vehículos completos de un modo de transporte a otro, o para llevar a cabo funciones indispensables para la producción de los servicios. Dependiendo de los modos de que se trate y del tipo y volumen de tráfico a manejar, los requerimientos tecnológicos implícitos en la infraestructura de transferencia y su equipamiento son muy variados. Baste señalar que ella comprende los aeropuertos, los patios ferroviarios y los puertos y que en el caso de estos últimos, por ejemplo, las diferencias en los requerimientos para manejar distintos tipos de cargas son también notables.

2.3. Operación.

La operación del transporte puede ser en ruta, en terminales o en centros de transferencia de carga. En ella intervienen recursos humanos, equipos móviles y fijos y materiales muy diversos. En las operaciones en ruta, la tecnología se requiere, sobre todo, para el manejo de información útil para el control y la seguridad de los tráficos, aunque cada vez es mayor el interés por dar seguimiento a la posición de vehículos y carga durante sus recorridos, tanto para atender fines comerciales como para lograr usos más eficientes de las flotas vehiculares disponibles. En ciertos modos de transporte, como el automotor, también ha aumentado el deseo de suministrar información a los conductores durante la circulación.

Por lo que se refiere a las operaciones en terminales y centros de transferencia de carga, el énfasis del desarrollo tecnológico se ha concentrado en dispositivos y sistemas que permitan automatizar el manejo

de carga unitarizada o en forma individual y aumentar su eficiencia. A medida que se han intensificado los movimientos de ciertos tipos y/o presentaciones de cargas, se ha incrementado la especialización de las instalaciones y los equipos involucrados, lo que ha favorecido el logro de eficiencias y calidades de servicio a costos inferiores que en el pasado. Tanto en ruta como en terminales, una parte significativa del desarrollo tecnológico en la operación ha estado dirigida a lograr el más amplio y diversificado uso del contenedor.

2.4. Conservación.

A medida que los sistemas de transporte se han extendido y que su participación en las actividades nacionales se ha tornado indispensable, la conservación de infraestructuras y equipos se reconoce cada vez más como una actividad estratégica para preservar el capital instalado en el transporte, mantener niveles aceptables de seguridad en la operación y sostener una capacidad permanente de producir servicios de alta calidad. Desde el punto de vista tecnológico, el principal reto de la conservación no se halla propiamente en el campo de la ingeniería, sino sobre todo en la integración de una tecnología financiera, administrativa y organizacional que asegure la correcta atención de los vastos sistemas que ya se hallan en operación.

2.5. Informática y telecomunicaciones.

La relevancia de la informática y las telecomunicaciones en el transporte es cada vez más notable, pues en los últimos años ha aumentado la capacidad de procesamiento y transmisión de datos y, con ello, se han diversificado las posibilidades y las demandas para su aprovechamiento en el transporte. Independientemente del potencial de sustitución de viajes que encierran las telecomunicaciones y la informática, su capacidad de apoyar el funcionamiento de sistemas de transporte en diferentes formas es ya considerable. Así, la informática y las telecomunicaciones apoyan la gestión interna de las empresas de transporte durante la producción de los servicios, su acción comercial y su vinculación con la clientela para proveerle distintos servicios y apoyos; a los usuarios, la disponibilidad de información les permite asegurar un control mucho más estricto de los flujos y, en consecuencia, economías significativas en el manejo de su logística. Al gobierno, la información le facilita la administración de los sistemas bajo su responsabilidad, así como la recopilación y el manejo de datos de apoyo para la planeación. Las ventajas de la aplicación de la informática y las telecomunicaciones al transporte permiten anticipar que, durante las próximas décadas, una parte significativa de los adelantos tecnológicos en el sector estará relacionada con el manejo novedoso de la información y el procesamiento de datos en tiempo real, tanto con fines comerciales como de logro de mayores eficiencias en la prestación de los servicios.

3. Fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico en el transporte

Los avances científicos de los que se nutre la tecnología del transporte proceden fundamentalmente de las ciencias físico-químicas. Por la predominancia cada vez mayor del impacto ambiental del transporte, las aportaciones de las ciencias biológicas y ambientales también crecen día con día. Algunos desarrollos científico-tecnológicos recientes que han sido particularmente relevantes para el transporte son la miniaturización electrónica (procesadores, memorias y componentes cada vez más pequeños y poderosos); las telecomunicaciones (fibra óptica, comunicación altamente confiable de voz, imagen e información por vía satélite), los avances en los procesos de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM), por la robótica y la automatización y los nuevos materiales compuestos basados en fibras cerámicas o de grafito, ligeros y capaces de grandes resistencias. A más largo plazo, el uso de materiales superconductores a altas temperaturas y el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía permiten anticipar la aparición de tecnologías novedosas con efectos potencialmente considerables sobre el transporte.

El desarrollo tecnológico en las cinco áreas que se han enumerado está motivado por el deseo de los fabricantes de equipos y prestadores de servicios, principalmente, por aprovechar conocimientos científicos disponibles para lograr tecnologías que les permitan adquirir ventajas dentro del entorno competitivo en el que suelen operar. Tales ventajas pueden referirse a aumentar velocidad y reducir tiempos de traslado; incrementar el tamaño de los vehículos y disponer de mayor capacidad de carga; lograr mayores frecuencias y aumentar la cobertura del servicio; reducir el consumo de recursos y abatir los costos correspondientes y elevar la calidad del servicio ofrecido a los usuarios.

Sin embargo, la búsqueda de nuevas tecnologías se ve acotada por restricciones cada vez más importantes en materia de seguridad, impacto ambiental, consumo de energéticos, uso del suelo, alivio del congestionamiento y economía. Así, por ejemplo, la búsqueda de opciones más veloces no sólo debe preocuparse por la velocidad, sino también, y quizás con mayor énfasis, por las repercusiones que esa opción más veloz tendrá en el tipo y la cantidad de combustibles consumidos; por los cambios en la naturaleza, composición y volumen de las emisiones atmosféricas; por los efectos del incremento en velocidad en la seguridad de operadores, usuarios y el público; por las necesidades de espacio y asignación de suelos con usos alternativos; por la economía nacional, empresarial y de los usuarios y, en fin, por toda la gama de ámbitos de actividad potencialmente afectados por la innovación tecnológica de que se trate.

Sobra decir que la innovación también podrá dirigirse a eliminar o mitigar alguna de las consecuencias nocivas del transporte, en términos de las variables mencionadas. Así, por ejemplo, un motor menos contaminante tendrá ventajas sobre otros; un combustible más económico se comparará favorablemente con los actuales, un sistema más seguro será preferible a otros, etc.

La búsqueda de opciones para aumentar eficiencia, productividad y/o calidad de servicio del transporte, así como para mitigar sus efectos negativos puede orientarse, por un lado, a lograr un mejor uso de los factores de la producción de sus servicios, que aquí se identifican como capital, mano de obra, energía y espacios físicos. Otras alternativas de desarrollo tecnológico, quizás tan promisorias como las anteriores son las encaminadas a reducir sus consecuencias sociales negativas. En este trabajo se abordan los impactos ambientales, la seguridad y el congestionamiento de las instalaciones de transporte.

En virtud de lo expuesto, las principales fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico en el transporte pueden clasificarse en dos grandes grupos: aquellas que buscan lograr un mejor uso de los factores necesarios para la producción de servicios y las que se dirigen a paliar los impactos negativos del transporte. La motivación del desarrollo tecnológico puede estar, entre otras razones, en el deseo de lograr una mejor posición competitiva en mercados de interés, sea a través de una mayor variedad y funcionalidad de los productos, de una mayor calidad de los mismos, de un menor costo o de otras muchas variables en el aprovechamiento de nichos de mercado y en la puesta en valor de investigaciones y trabajos realizados con anterioridad. Otro gran impulso a la innovación tecnológica lo proporcionan ciertas reglamentaciones gubernamentales que prescriben metas claras a alcanzar en temas de interés estratégico nacional, como el consumo de energéticos, el impacto ambiental y la seguridad.

A las motivaciones citadas para emprender esfuerzos de desarrollo tecnológico propios hay que agregar otra que se deriva del potencialmente elevado valor de cambio que la tecnología del transporte, como bien susceptible de ser comerciado, tiene para su generador y/o poseedor. Cuando éste actúa en un mercado de características monopólicas u oligopólicas, puede obtener una renta económica adicional que debe pagar el comprador de la tecnología. De este hecho se desprende una motivación adicional, quizá la más importante, para el desarrollo tecnológico en todos los campos de la actividad humana, incluido el transporte.

Independientemente de las motivaciones para el desarrollo tecnológico en el transporte, cabe señalar que éste ocurre dentro del marco de la actividad industrial de los países generadores de la tecnología y, por consiguiente, bajo la orientación de sus respectivas políticas industriales, lo que plantea algunas consecuencias importantes respecto al uso de la tecnología en los países en vías de desarrollo. Por ejemplo, dados los requerimientos del desarrollo

tecnológico en el transporte, la capacidad científica, tecnológica e industrial necesaria para emprender la mayor parte de los proyectos sólo está al alcance de unos cuantos países, cuyas propias motivaciones y factores de interés son, como es obvio, los de mayor peso en la orientación que recibe el desarrollo tecnológico. Para los países menos industrializados, lo anterior implica la dependencia de tecnologías que no necesariamente responden a sus requerimientos y que en el mejor de los casos son adaptadas para uso bajo las condiciones prevalecientes en ellos.

Por las mismas razones, existen campos de actividad potencialmente atractivos para los países menos industrializados en los que las actividades de desarrollo tecnológico son escasas o inexistentes, dado que ellos no las emprenden y tampoco resultan de interés para otros países que sí contarían con medios para abordarlas.

Para cada uno de los factores de la producción de servicios de transporte señalados -capital, mano de obra, energía y espacios físicos- así como para tres áreas de actuación orientadas a mitigar las consecuencias nocivas del transporte -impacto ambiental, seguridad y congestión- a continuación se describen tendencias actualmente observadas que sin duda influirán en las características del desarrollo tecnológico subsecuente en el transporte. Estas tendencias son de carácter global, por lo que deben matizarse en lo que corresponda a su validez para países específicos.

3.1. Capital.

Dado que la escasez de recursos de inversión es permanente y en virtud de que la adquisición, construcción y/o reposición de los equipos y la infraestructura del transporte demanda montos de inversión considerables, una poderosa motivación para la innovación tecnológica en este sector consiste en desarrollar alternativas que permitan un óptimo aprovechamiento del capital invertido. Las opciones dignas de esfuerzo y análisis incluyen trabajos orientados a reducir los costos de adquisición, fabricación y/o construcción de equipos e infraestructuras; a abatir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas en servicio y a lograr el máximo rendimiento de éstos. Por lo mismo, el desarrollo tecnológico impulsado por el deseo de lograr un mejor aprovechamiento del capital invertido en el transporte puede tener lugar en la fabricación y operación de equipos, en el proyecto y la construcción de infraestructura, en el diseño y la programación de los servicios y estar a cargo, consecuentemente, de diversos agentes económicos.

3.2. Recursos Humanos.

El rápido aumento de los costos de la mano de obra, sobre todo en los países desarrollados, ha generado, desde hace tiempo, la preocupación por lograr su

máxima productividad. Esto, a su vez, ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías que tienden a ser intensivas en capital y a eliminar puestos de trabajo. Si a lo anterior se agrega el hecho de que en el transporte abundan empleos que demandan la ejecución repetida de las mismas actividades, que algunos de los empleos necesarios son peligrosos o de naturaleza temporal y que muchos de ellos pueden ser sustituidos por sistemas mecánicos e informáticos apropiados, o por cambios tecnológicos que vuelven obsoletas ciertas funciones, se comprenderá que una fuerza impulsora de cambio tecnológico en el sector es la sustitución de mano de obra por capital, así como la dotación de tecnologías propicias para que los trabajadores que sigan empleados logren elevar su productividad.

La problemática general del empleo y el avance tecnológico en el sector es que a mayor grado de avance y sofisticación de la tecnología, menores son los requerimientos de personal por unidad de producto. Además, es común que la introducción de nuevas tecnologías vaya aparejada con el surgimiento de nuevas actividades y con demandas de personal con perfiles y aptitudes profesionales diferentes. Sin embargo, ante la permanente motivación por aumentar la productividad del transporte y a la luz de la evolución histórica de las relaciones laborales en el sector, la introducción de nuevas tecnologías con gran potencial de desocupación de personal es vista con recelo y requiere estrategias y acciones claras para ser una opción viable.

3.3. Energía

La energía es un factor de la producción de servicios de transporte cuya importancia es fundamental. A pesar de los grandes esfuerzos realizados para reducir la dependencia mundial de los recursos energéticos derivados del petróleo, en la actualidad el sector transporte se ha convertido en el más ávido consumidor de combustibles derivados del petróleo, como claro reflejo de la escasez de opciones energéticas que sustituyan al petróleo y que a la vez ofrezcan condiciones similares de versatilidad, economía y abundancia. Hoy, al igual que en el pasado reciente, las principales líneas por las que se busca reducir la dependencia petrolífera del transporte son aumentar la eficiencia energética de los combustibles actuales y acelerar la búsqueda de combustibles alternativos.

Ambas líneas tienen una fuerte componente tecnológica. El aumento de la eficiencia energética del transporte encierra una gran cantidad de innovaciones de carácter incremental, cuyo efecto individual puede ser pequeño pero que, en conjunto y como resultado de un esfuerzo sostenido durante años, llega a ser significativo y sorprendente. La búsqueda de combustibles alternativos tiene, en el momento actual, dos vertientes principales. Por un lado, los esfuerzos se dirigen a la producción de nuevos combustibles para los motores actuales. Por otro, hay proyectos orientados al uso en el transporte de nuevos sistemas de propulsión que demandan fuentes

energéticas novedosas, como es el caso, por ejemplo, de los automóviles eléctricos (véanse, respectivamente, las secciones 4.3.3, 4.4.1 y 4.4.4).

En esta materia, la rapidez con que se introduzcan las novedades al mercado no depende nada más de factores de carácter tecnológico, sino económico, comercial y político. En una industria multinacional con presencia de algunas de las corporaciones industriales más poderosas del mundo, estos últimos factores cobran una fuerza excepcional.

3.4. Espacios físicos.

La relación entre transporte y territorio tiene, como tantas otras, una componente positiva y otra negativa. Por el lado positivo, desde hace siglos se ha reconocido la necesidad de contar con una buena comunicación para que un cierto territorio, ciudad o región multiplique sus posibilidades de desarrollo. Sin embargo, a medida que el transporte se ha diversificado han crecido sus necesidades de derechos de vía, terrenos e instalaciones dedicadas exclusivamente a él, lo que con frecuencia ha generado competencia en la demanda de espacios, misma que dondequiera es importante pero que se ha exacerbado en suelos urbanos. Hoy, la ubicación de instalaciones de gran escala, como un aeropuerto, una terminal de transferencia de cargas o una nueva vialidad urbana, presenta problemas difíciles y costosos en su manejo.

Dado que los terrenos dedicados a las instalaciones de transporte son improductivos para cualquier otro uso y que además son sitios en los que se concentran algunos de los principales efectos nocivos del transporte, otro motivador de cambio tecnológico en el sector consiste en desarrollar tecnologías que permitan un mejor uso de los espacios físicos destinados a él. Los avances en ese sentido pueden comprender cambios en las tecnologías de propulsión y contención de carga, de movimientos de cargas y vehículos en terminales y de proyecto y construcción de infraestructura.

3.5. Impacto ambiental

La contribución del transporte al deterioro del medio ambiente se reconoce como uno de los grandes desafíos a vencer durante los próximos años. La aportación del transporte al deterioro ambiental se da a través de emisiones de partículas contaminantes, entre las que destacan las de óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, óxidos de azufre, plomo y partículas diversas. También ocurre por la generación de ruido en las proximidades de sus instalaciones, por la descarga de sustancias contaminantes en ríos, lagos y mares y por su interferencia, a menudo desafortunada, con el terreno natural

Ante la amenaza que el gran desarrollo industrial y comercial moderno plantea al medio ambiente natural, su protección se ha convertido en un tema político de gran relevancia. Como respuesta a las presiones de grupos sociales cada vez más organizados y vocales en defensa de la ecología, los gobiernos de un número cada vez mayor de países han implantado programas para proteger al ambiente a través de diferentes medidas. En el caso del transporte, tal protección ha asumido la forma de reglamentaciones obligatorias para los productores de diversos equipos y materiales de transporte; disposiciones que influyen en la operación y el funcionamiento de los sistemas en servicio y leyes y reglamentos que obligan a otorgar gran atención al impacto ambiental de nuevos proyectos. Cada una de estas líneas de actuación, pero sobre todo la primera, encierra un gran potencial como fuerza impulsora del desarrollo tecnológico en el sector. En el futuro se espera que la importancia de estas fuerzas no sólo crezca, sino que se extienda a un mayor número de áreas de preocupación, como el procesamiento de desechos y el reciclado de los materiales que se usan en el transporte.

3.6. Seguridad.

La preocupación por la seguridad también resulta importante como motor del desarrollo tecnológico del transporte, ya que éste, y sobre todo el automotor, es causa frecuente de lamentables y costosas pérdidas materiales y humanas. Las principales causas de los accidentes viales son el operador, el vehículo, la vía y, en ocasiones, factores incidentales como el clima. La búsqueda de opciones tecnológicas y organizacionales para reducir accidentes es permanente en todos los modos, tanto para proteger a operadores y usuarios del transporte como a aquellos que se encuentran cerca del paso de los vehículos.

Al igual que en el caso del impacto ambiental, la reglamentación gubernamental suele ser un catalizador importante para la innovación en materia de seguridad, tanto en lo concerniente a los equipos y dispositivos que se fabrican y se ponen a la venta como en lo relativo a los procedimientos operativos necesarios para garantizar la seguridad de transportistas y usuarios.

3.7. Congestionamiento.

Al aumentar la movilidad de las personas y multiplicarse las demandas de transporte de carga, el congestionamiento de las instalaciones de transporte se ha convertido en un problema de primera magnitud, con implicaciones potencialmente severas para la calidad del aire, el consumo de energéticos y la competitividad económica y comercial de la zona afectada. El problema se manifiesta, sobre todo, en la circulación urbana, pero alcanza proporciones

significativas en ciertos aeropuertos y rutas aéreas, así como en los accesos a ciudades importantes, puertos marítimos y aeropuertos.

El congestionamiento no refleja otra cosa más que un uso ineficiente de las instalaciones de transporte disponibles y, dado el carácter esencial del transporte como sistema de apoyo para la vida de una ciudad o región, el congestionamiento de sus instalaciones levanta una importante barrera a sus perspectivas de crecimiento económico. Evitarlo, en consecuencia, es una tarea prioritaria y compleja que demanda cambios culturales y medidas administrativas, económicas y fiscales. Además, la introducción de nuevas tecnologías puede contribuir a ofrecer vías de salida al problema del congestionamiento.

Las fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico en el transporte que se han identificado no actúan en el vacío, sino que lo hacen inmersas en un contexto socio-político, económico-comercial, industrial, cultural y competitivo dinámico y en permanente cambio. En consecuencia, la magnitud e intensidad con la que actúen, la dirección de su acción y la permanencia o intermitencia de su presencia depende del clima general, las oportunidades y las amenazas que se desprendan de ese contexto. Con frecuencia, las preferencias derivadas de lo anterior influyen en forma determinante en el cambio tecnológico, orientándolo por rumbos de los que a veces no hay retorno y que, en consecuencia, se convierten en escalones fundamentales del ulterior desarrollo tecnológico.

Dada la magnitud de las consecuencias del desarrollo tecnológico en el transporte, las incertidumbres presentes en todas las etapas de su evolución y lo pesado de las restricciones que se deben enfrentar, la evolución tecnológica del transporte sólo puede ser gradual. No es razonable esperar, por ejemplo, que de la noche a la mañana surja una nueva tecnología que altere en forma radical el funcionamiento del sector. De hecho, puede decirse con un cierto grado de confianza que hoy ya se conocen los adelantos que habrán de servir como base de las innovaciones tecnológicas que habrán de convertirse en aplicaciones prácticas en el transporte durante los próximos veinticinco años.

Una vez expuestas las principales áreas en las que se demanda la tecnología del transporte e identificadas las principales fuerzas impulsoras del desarrollo tecnológico que actúan en él, a continuación se revisan algunas nuevas tecnologías, existentes o en proceso de desarrollo, que se espera tengan una penetración importante durante las próximas décadas.

4. Nuevas tecnologías de transporte

En el transporte, la evolución tecnológica es permanente. Las presiones de la competencia, la disponibilidad de nuevos conocimientos y el surgimiento de nuevas demandas, entre otros factores, generan un constante esfuerzo por innovar e introducir nuevas tecnologías. Ello se traduce en la frecuente aparición de nuevos sistemas o innovaciones que, como producto de cambios graduales, ofrecen ventajas en alguna de las múltiples dimensiones del transporte. El surgimiento de tecnologías radicalmente nuevas, menos frecuente, también obedece a un conjunto de circunstancias que les dan viabilidad y justifican su introducción al mercado.

Dentro del contexto descrito, existe un rezago temporal en la adopción de las innovaciones tecnológicas, tanto entre empresas y agentes económicos de un mismo país como entre países adelantados y otros en vías de desarrollo. Como consecuencia de ese rezago, ciertas tecnologías, probadas y de uso cotidiano en algunos sitios, todavía no se conocen en otros. Tal situación es muy común en el transporte actual, pues tecnologías de uso común en los países industrializados no se han implantado todavía en países en vías de desarrollo.

Durante los últimos treinta años, la principal característica del desarrollo tecnológico mundial en el ámbito del transporte fue su evolución gradual, pues no surgieron, al nivel de aplicaciones comerciales exitosas, nuevas tecnologías comparables a las que en su momento tuvieron el transporte ferroviario, el automotor o el aéreo. A pesar de ello, la evolución tecnológica del transporte fue permanente y tanto en el movimiento de pasajeros como en el de carga aparecieron nuevos desarrollos que se tradujeron en la oferta de más y mejores servicios de transporte.

Es probable que los hitos más significativos en la evolución tecnológica del transporte durante las últimas tres décadas hayan sido la aparición y consolidación del contenedor como eje del transporte de carga internacional y catalizador de la integración de los sistemas de transporte; el aprovechamiento de las computadoras y la informática como elementos de apoyo para el control y seguimiento de los flujos de transporte; y el incipiente uso de nuevas tecnologías de telecomunicaciones en combinación con las computadoras para ampliar la gama de servicios y la productividad del transporte.

Otros hechos de gran significación para la evolución de la tecnología del transporte fueron la crisis energética de 1973-1979 y la creciente preocupación por los efectos nocivos del transporte para el medio ambiente. Ambos hechos han acelerado la introducción al mercado de innovaciones que, en forma gradual, están transformando algunas características relevantes de la tecnología del transporte en sus diferentes modos. Asimismo, este capítulo presenta, en forma sucinta y sin pretensión de exhaustividad, algunas tecnologías de transporte novedosas que han surgido durante los últimos años o que se encuentran en un grado de desarrollo muy avanzado. Las tecnologías que se abordan se han agrupado en dos grandes

grupos: por un lado, las tecnologías que están probadas y se hallan ya en operación comercial en algún lugar del mundo, aunque no necesariamente en México o en países en vías de desarrollo. Por otro, las tecnologías más novedosas, que todavía no han llegado al nivel de aplicaciones comerciales pero que se espera lo hagan en las próximas décadas. Dentro del primer grupo de tecnologías se ha establecido una clasificación adicional para distinguir las que tienen relación directa con el contenedor, las que son producto de la informática y las telecomunicaciones y las que se deben a la evolución gradual de tecnologías conocidas.

4.1. El Contenedor y sus tecnologías asociadas.

El contenedor ha sido el eje de una revolución en el transporte internacional de carga, pues sus ventajas en comparación con sistemas anticuados de manejo de carga general -rapidez, seguridad y economía, entre otras- han inducido transformaciones en todos los ámbitos del manejo de carga internacional. En materia tecnológica, durante los últimos treinta años el contenedor ha sido el "motor" en torno al cual se han desarrollado e implantado numerosas innovaciones en el transporte de carga a nivel mundial. Ellas han abarcado, entre otras, la construcción naval, la infraestructura y el equipamiento portuario, el diseño de equipo de arrastre para el transporte terrestre, el desarrollo y la implantación de sistemas informáticos para su manejo y el diseño y la construcción de los propios contenedores. Aunque sus orígenes son marítimos, el contenedor ha penetrado irreversiblemente en el transporte terrestre.

Por definición (2), el contenedor es un recipiente de transporte con calidad duradera y resistencia suficiente para permitir su uso repetitivo; está especialmente concebido para facilitar el transporte sin rotura de las mercancías, por uno o varios modos de transporte; está provisto de dispositivos para facilitar las maniobras de transferencia entre modos, así como para que las operaciones de carga y descarga sean sencillas. Los contenedores ISO son aquellos con medidas correspondientes a las normas de la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), que son las siguientes: anchura, 8 pies; altura, 8 pies u 8 pies 6 pulgadas; longitud, 20 pies o 40 pies. Un contenedor de 20 pies de largo se considera equivalente a un TEU (Twenty-feet Equivalent Unit). Por sus ventajas para el movimiento de diversos tipos de mercancías, se ha difundido el uso de contenedores refrigerados, térmicos, cisternas, plataformas, de techo abierto y de uso general, entre otros.

4.1.1. Buques portacontenedores.

Los buques portacontenedores son barcos especializados en el manejo de contenedores, cuyo surgimiento va indisolublemente ligado a la denominada "revolución del contenedor". A partir de 1956, año de la aparición del

contenedor, se reconocen cuatro generaciones de buques portacontenedores, cada una de mayor tamaño que la anterior. Los buques de la primera generación se adaptaron de diseños existentes y su capacidad de carga típica era de 500 a 1000 TEUs. Los de la segunda, ya construidos como buques celulares especiales para contenedores, tenían capacidades típicas de 1500 a 2500 TEUs. Los de tercera podían llevar hasta 2500 - 3500 TEUs y los de cuarta generación, denominados Post-Panamax porque los navíos ya no caben por el Canal de Panamá, tienen capacidades de 3500 - 5000 TEUs (3). Como continuación de esta tendencia, se anticipa que durante los próximos 20 años habrán de construirse los primeros buques para 6000 TEUs, capaces de desplazarse a velocidades de hasta 30 nudos.

El principal incentivo para aumentar el tamaño de los buques portacontenedores consiste en lograr las economías de escala asequibles al incrementarse los volúmenes transportados. Por ejemplo, Peters (4) reporta que el costo de operación por TEU-milla de los buques portacontenedores construidos en 1986 difiere un 40% respecto al de buques similares construidos en 1982, debido al uso de motores más avanzados y a la reducción de los costos de tripulación y de mantenimiento.

Según la UNCTAD (5), en 1990 la construcción de un buque portacontenedores con capacidad para 2,500 TEUs podría representar una inversión del orden de 52 millones de dólares, aunque en la práctica este monto puede subir aun más por la necesidad de adquirir una flota de contenedores para el buque. Como resultado de lo elevado de las inversiones a efectuar, la estructura de costos de un buque portacontenedores típicamente contiene una proporción de costos fijos que puede llegar a ser hasta del 80% (véase la referencia 4).

4.1.2. Terminales marítimas especializadas

El aumento de los volúmenes de tráfico marítimo de contenedores y el creciente uso de buques celulares portacontenedores con altos costos fijos ha justificado la construcción y el equipamiento de terminales de alto rendimiento, capaces de atender los requerimientos de carga y descarga de un buque de servicios de línea en tan sólo unas cuantas horas. En el caso de los contenedores, la eficiencia operativa exige configuraciones que separan las operaciones en muelle de aquéllas que tienen que ver con la recepción, el despacho y el almacenamiento temporal de los contenedores en el puerto, así como con el movimiento de contenedores vacíos y con la interfase con los modos de transporte terrestre (véase la figura 1).

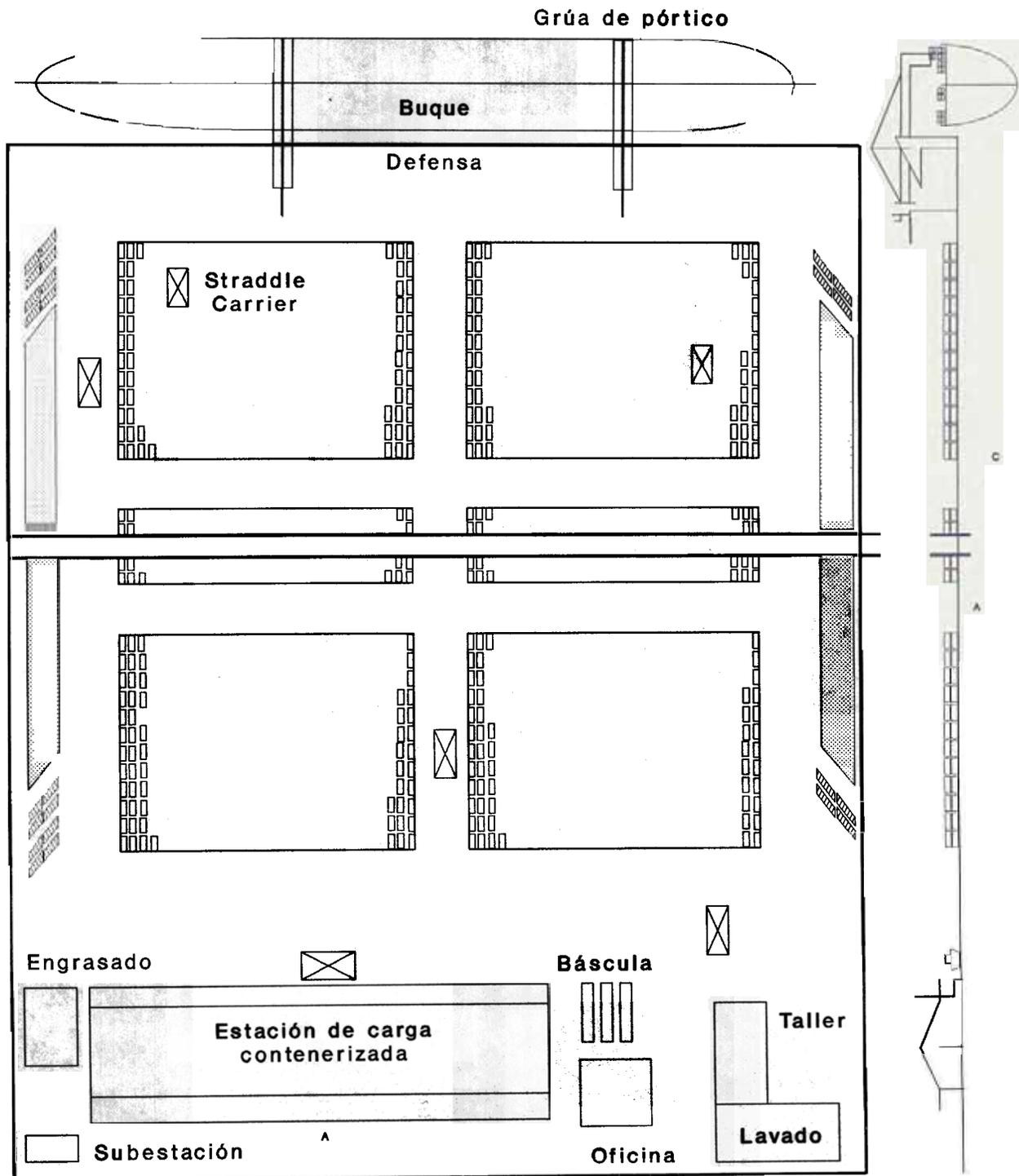


FIGURA 1: CONFIGURACION DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES EN UN SISTEMA A BASE DE STRADDLE CARRIERS.

Además de generar cambios en el concepto general de la configuración y la operación de terminales, el manejo de contenedores ha exigido el diseño y la puesta en servicio de novedosos equipos que sustentan el funcionamiento de las terminales de contenedores. Aunque los sistemas operativos que se instalan en estas terminales dependen en lo fundamental de la capacidad que se desee alcanzar, por lo general se apoyan en grúas de pórtico (portainer) para las operaciones de carga y descarga a/de los buques; straddle carriers o sistemas tractor-remolque para el desplazamiento de contenedores entre muelles y zonas de apilamiento; grúas de pórtico (trastainer), sobre neumáticos o sobre rieles, para la colocación y/o recuperación de contenedores en/de las zonas de almacenamiento y cargadores frontales o de brazo telescópico para los mismos efectos.

La capacidad horaria de una terminal de contenedores está condicionada por su sistema de carga y descarga en muelles. En una posición de atraque dotada con dos grúas de pórtico, Thomas y Roach (6) señalan que se puede lograr un rendimiento horario de 20-25 contenedores por grúa. El costo de la construcción y el equipamiento de una terminal de contenedores varía en función de múltiples factores, entre los que destaca la capacidad de la terminal. Por ejemplo, nada más en equipo, una terminal con capacidad de mover 100,000 TEUs por año puede costar entre 15 y 20 millones de dólares, contra 30-35 millones por ese mismo concepto en una terminal con capacidad anual de 250,000 TEUs. Sin embargo, el costo promedio por contenedor atendido es del orden de 15 a 30 % más bajo en la terminal grande que en la pequeña, por las economías de escala posibles en una operación más voluminosa.

Dado que la operación de buques portacontenedores cada vez más grandes planteará mayores dificultades al funcionamiento de los puertos, se anticipa la aparición de nuevas técnicas de carga y descarga. Una posibilidad consiste en rodar contenedores aislados o en bloque a través de puertas laterales en el casco del buque en lugar de hacerlo verticalmente a través de las escotillas de sus bodegas. Otra alternativa implica el desarrollo de equipo de traslación y apilamiento más pesado, capaz de manipular bloques de hasta cuatro contenedores cargados en la terminal.

4.1.3. Contenedores refrigerados.

Estos contenedores cuentan con medios para refrigerar o calentar el espacio dedicado a la carga. El tipo más común tiene su propia planta de refrigeración y se conoce como contenedor integral; puede mantener un ambiente de temperatura controlada, por lo general entre -18°C y $+20^{\circ}\text{C}$, y sirve para transportar productos frescos tan diversos como aguacates, melones, calabazas y uvas, por sólo citar algunos. Para asegurar una transportación adecuada, sobre todo si varios productos diferentes comparten un mismo contenedor, es esencial que las condiciones de manejo de todos esos productos sean análogas (7).

El éxito en el control de factores que afectan las condiciones de carga sensibles a la temperatura, como flujos de aire, temperatura y sus diferenciales, humedad relativa, gases emitidos durante la maduración y atmósferas artificiales ha asegurado al contenedor refrigerado integral un lugar preponderante dentro de los mercados de comercio internacional de frutas y vegetales frescos, para cuyo enorme desarrollo reciente ha resultado un elemento fundamental.

Al aumentar los volúmenes de carga que requiere control de temperatura, el interés por incrementar la capacidad de carga de cada contenedor ha llevado a eliminar sus propias plantas de refrigeración a cambio de la instalación de equipos de refrigeración en buques portacontenedores, terminales portuarias y carros portacontenedores de ferrocarril. Dado que la falta de una planta de refrigeración en el contenedor obliga a un control mucho más estricto de los contenedores con control de temperatura, tal opción requiere volúmenes de carga particularmente elevados.

4.1.4. Carros portacontenedores de doble estiba.

Al aumentar el tráfico de contenedores entre Asia y Norteamérica, la operación de puentes terrestres para el movimiento intercontinental de contenedores apareció como opción viable para extender a la tierra las economías de escala que se lograban en el mar. En ese contexto, el carro ferroviario articulado para llevar contenedores en doble estiba se estableció como una tecnología ventajosa para el transporte terrestre de contenedores. Estos carros, surgidos de la evolución gradual de la tecnología ferroviaria, son carros articulados con cinco posiciones para contenedores colocados en doble estiba. Los carros son muy ligeros y, al ser articulados, eliminan cuatro juegos de trucks y tres pares de acopladores y mangueras del sistema de frenos, además de propiciar una mejor calidad de rodamiento. Dado el incremento en capacidad de carga en comparación con las plataformas ferroviarias tradicionales, el uso de estos carros permite ahorros de 30-40% en el costo por tonelada transportada.

Con el paso del tiempo, el diseño de los carros se ha diversificado para atender otros segmentos del mercado, por lo que hoy existen modelos equipados con generadores para contenedores refrigerados, así como variantes para transportar contenedores más largos y altos que los de dimensiones ISO.

4.1.5. Terminales intermodales automatizadas

La creciente penetración del contenedor en los tráficos comerciales internacionales y la búsqueda de economías de escala en la atención de los flujos de contenedores con una gran calidad de servicio han llevado al diseño, la construcción y la operación de terminales de transferencia intermodal

especializadas en movimientos de enlace entre terminales marítimas, sistemas ferroviarios y servicios de autotransporte de carga, o entre estos dos últimos modos terrestres. En algunos casos, como en Europa, el desarrollo del transporte combinado ferrocarril-carretera, principal usuario de estas terminales, se considera esencial como respuesta a los problemas de congestión vial, impacto ambiental y consumo energético que están asociados con el uso excesivo del transporte por carretera.

Las terminales intermodales son sitios para el cambio modal de los contenedores o los remolques de camión. Dada la presencia permanente del ferrocarril, por lo general consisten de una o varias vías férreas a lo largo de las cuales existen áreas para estacionar remolques o contenedores que aguardan turno para colocarse sobre una plataforma ferroviaria o que acaben de ser descargados de ella. Los sistemas de carga, descarga y traslación son, en principio, parecidos a los de las terminales marítimas de contenedores, aunque por lo general basta con sistemas de traslación tractor-remolque y con grúas de pórtico con claros pequeños, pero capaces de desplazarse a lo largo de la vía. Dependiendo de la capacidad de la terminal, de los volúmenes de carga que maneje y de consideraciones relacionadas con el apoyo de información necesario para el control de los flujos, los sistemas de información pueden desempeñar un papel de gran relevancia para apoyar el funcionamiento de la terminal.

La Terminal Intermodal de Contenedores de Los Angeles/Long Beach, con capacidad para manejar más de un millón de TEUs por año, es un ejemplo del desarrollo de este tipo de instalaciones. La terminal actúa como complemento de los puertos de Los Angeles y Long Beach, en California, desde cuyos muelles se trasladan contenedores por autotransporte hasta ella. Los contenedores se "estacionan" en lugares previamente asignados; a través de un proceso permanentemente supervisado desde un puesto central de control, en la terminal se forman los trenes unitarios de carros portacontenedores de doble estiba que efectúan los recorridos intercontinentales de los puentes terrestres.

4.1.6. Contenedores de nueva generación.

El inobjetable éxito mundial del contenedor ha generado, en los últimos años, fuertes intereses por utilizar contenedores con medidas diferentes de la norma ISO aceptada. Así, en la actualidad hay contenedores de 45, 48 y hasta 53 pies de largo y hasta 9 pies 6 pulgadas de alto. Para mantener los beneficios de la estandarización, para los contenedores de nueva generación se han propuesto longitudes de 7.5 ó 15 m, altura de 2.9 ó 2.6 m y anchuras fijas de 2.6 m, con peso bruto máximo de 30.48 toneladas.

A diferencia de la generación anterior de contenedores, tales dimensiones se determinaron de "adentro hacia afuera", tomando en cuenta el uso cada vez más difundido de paquetes y cargas unitarias de tamaños estandarizados, así

como la necesidad de diseños modulares para asegurar un acomodo eficiente de las cargas unitarias dentro de los contenedores.

Las implicaciones de un cambio en los tamaños estándar de los contenedores son enormes, pues afectan intereses de operadores portuarios, transportistas e infraestructuristas. Por ejemplo, es probable que deban modificarse los gálibos y las curvaturas de la infraestructura carretera y ferroviaria, así como los pesos por eje autorizados; en puertos, los equipos para manejo de contenedores requieren costosas adaptaciones y/o nuevos diseños; asimismo, es preciso revisar las consecuencias del uso de contenedores mayores en la seguridad del transporte y tomar las precauciones que hagan falta. De cualquier modo, la introducción de nuevos contenedores no quedará exenta de la realización de adaptaciones estratégicas al sistema de transporte y de las cuantiosas inversiones necesarias para implantarlas.

Independientemente de las dimensiones estandarizadas del futuro, continuará el proceso de especialización de los contenedores, que hoy se manifiesta en la existencia de contenedores para cargas tan disímolas como líquidos de manejo delicado, automóviles terminados, fruta natural o prendas de vestir precolgadas, entre otros muchos. También es previsible que se multiplique el uso de medios informáticos para apoyar y controlar los flujos de contenedores, así como que surjan nuevas funciones que puedan desempeñarse por medio de la combinación de contenedores e información.

4.1.7. Sistemas híbridos ferrocarril/carretera

Los sistemas bimodales "carretera/ferrocarril" son remolques de camión capaces de rodar sobre rieles. A pesar de que se trata de un concepto cuya penetración en el transporte multimodal es todavía incipiente, esta tecnología puede ser económicamente ventajosa en corredores con distancias de recorrido medias y largas y con volúmenes de carga inferiores a los necesarios para justificar la operación de un tren unitario de contenedores. El diseño de estos sistemas híbridos presenta dos variantes fundamentales. Una incorpora el sistema de ruedas y ejes de ferrocarril a un remolque de camión; la otra contempla el uso de carretas (trucks) independientes para sostener los dos extremos del remolque ferroviario.

El segundo concepto parece tener mayor probabilidad de éxito comercial. En una de sus versiones, el remolque tiene tres ejes y usa neumáticos comerciales; cuenta con una suspensión especial y está dotado de una capacidad vehicular equiparable a la de la mayoría de los remolques en el mercado. Sin embargo, difiere de los remolques carreteros tradicionales en varios aspectos. Su estructura está reforzada para resistir las fuerzas de tensión o compresión que actúan sobre él cuando se incorpora al ferrocarril; la defensa trasera es retráctil y los ejes se aseguran en una posición elevada para no obstaculizar el movimiento en vías, ya que la base rodante es suministrada por los dos carretones.

La operación del remolque en el modo ferroviario se logra acoplándole dos carretones independientes que soportan cada extremo del remolque y que limitan la transmisión de fuerzas de torsión. La conexión entre el remolque y los carretones se logra a base de dos candados gemelos automáticos colocados sobre el carretón, lo que permite una operación sencilla y económica. Según la referencia (2), las principales ventajas de estos equipos radican en sus reducidos gastos en terminales, tanto por la facilidad de operación como por la baja inversión que requieren las terminales; en la previsible reducción de daños a la carga y mermas y en la mayor velocidad de operación. Como desventaja se cita el costo de los remolques, de 2 a 2.5 veces el de un remolque convencional, así como su mayor tara y, en consecuencia, su menor capacidad de carga.

4.2. Informática para la gestión del transporte.

La incesante aparición de nuevas tecnologías de computación, informática y telecomunicaciones se ha traducido en un significativo abatimiento de los costos de almacenaje, procesamiento y transmisión remota de datos, a la vez que ha posibilitado acciones que antes resultaban impracticables. Junto con la cada vez mayor complejidad del transporte y las crecientes expectativas de servicio de los clientes, se han generado condiciones de actividad en las que los sistemas de información aparecen como elemento fundamental para el transporte de carga y pasajeros.

Los efectos del uso sistemático de medios informáticos y de telecomunicaciones en el transporte son vastos y muy profundos, al grado que se espera que alcancen una magnitud y una significación comparable a la que en su momento tuvo el contenedor. Se manifiestan en las empresas prestatarias de servicios de transporte o de servicios conexos, tanto en áreas operativas como comerciales, entre otras; en empresas que manejan mercancías y materiales y que son usuarias del transporte; en organizaciones gubernamentales como aduanas y autoridades responsables de la gestión de infraestructura, por sólo citar unos cuantos casos.

Según Rodríguez B. y Pérez M. (8), las principales aplicaciones de la informática al transporte de carga van dirigidas al área técnica, comercial o al de la información general. Por lo que se refiere a aplicaciones técnicas, destaca el desarrollo de programas y sistemas tradicionales (control de costos, registros de mantenimiento, asignación de vehículos y conductores, etc.) y el de aplicaciones para programación y optimización de operaciones. También es creciente el interés por sistemas y productos para clasificar envíos y separar el tratamiento de paquetes, tales como sistemas de lectura e identificación por códigos de barras. Otras aplicaciones técnicas importantes van a bordo de la unidad de transporte y sirven para manejarlas con mayor eficiencia; entre ellas figuran sistemas y dispositivos electrónicos auxiliares para la operación, sistemas de comunicación y apoyo informático a bordo.

Por el lado comercial, están ganando terreno aplicaciones orientadas a la gestión comercial y a la vinculación con clientes y socios, así como los sistemas de intercambio electrónico de datos. En cuanto a información general, en algunos países existen sistemas de consulta remota (Videotex, en Francia, Transtex en España) que permiten al transportista llegar a sus clientes potenciales. Dado el creciente papel de la informática como medio eficaz para el control y seguimiento de los flujos de transporte y como elemento básico del valor que el transporte agrega a las mercancías, el desarrollo tecnológico en informática habrá de continuar con fuerza en los próximos años. A continuación se presentan algunas tecnologías representativas de tal tendencia.

4.2.1. Sistema de posicionamiento global.

El sistema de posicionamiento global (GPS) permite ubicar con precisión la posición de un cuerpo en tierra o próximo a ella. Se basa en 21 satélites puestos en órbita a altitudes del orden de 18000 kilómetros, que proporcionan un sistema permanente de referencia para determinar la posición de objetos con un margen de error de unos 10 metros.

El sistema se basa en la combinación de medidas de distancia entre el punto cuya posición se desea determinar y cuatro de los 21 satélites, lo que permite calcular la posición exacta del punto con el margen de error citado. Cada distancia se obtiene a partir de la medida del tiempo que tarda una señal de radio emitida por el satélite respectivo en llegar a tierra. La posición del satélite puede calcularse matemáticamente con gran precisión porque su trayectoria de órbita tiene pocas perturbaciones y porque es monitoreada permanentemente (véase la figura 2). Para tener acceso a este sistema de posicionamiento, el objeto en tierra debe estar equipado con un receptor de señales con varios canales (al menos dos) y con un reloj de precisión razonable. El satélite, a su vez, cuenta con un reloj atómico de gran precisión (9).

Por su gran potencial, se espera que en el futuro el sistema de posicionamiento global se venda como un servicio público más, comparable al teléfono o a la electricidad. En el sector transporte, ya se perfilan aplicaciones con un gran potencial de innovación y productividad en los diferentes modos de transporte. El Sistema de Navegación Aérea del Futuro, el Sistema de Control Automatizado de Trenes y los sistemas inteligentes vehículo-carretera son tan sólo muestras incipientes de algunas aplicaciones futuras de estos conceptos. En ellas cabe distinguir casos en los que aumentará la productividad de procesos que ya se realizan de otros en los que surgirán nuevas formas de resolver problemas o de llevar a cabo actividades antes imposibles. Independientemente de las aplicaciones revolucionarias citadas, otras innovaciones incluyen el apoyo al funcionamiento de sistemas públicos como correos, mensajería, recolección de basura o distribución urbana y rural, así como a la administración de

flotillas de equipo en ámbitos territoriales determinados. Por ejemplo, en México está ya en operación un sistema GPS para apoyar la gestión del equipo de ajustadores de una compañía de seguros.

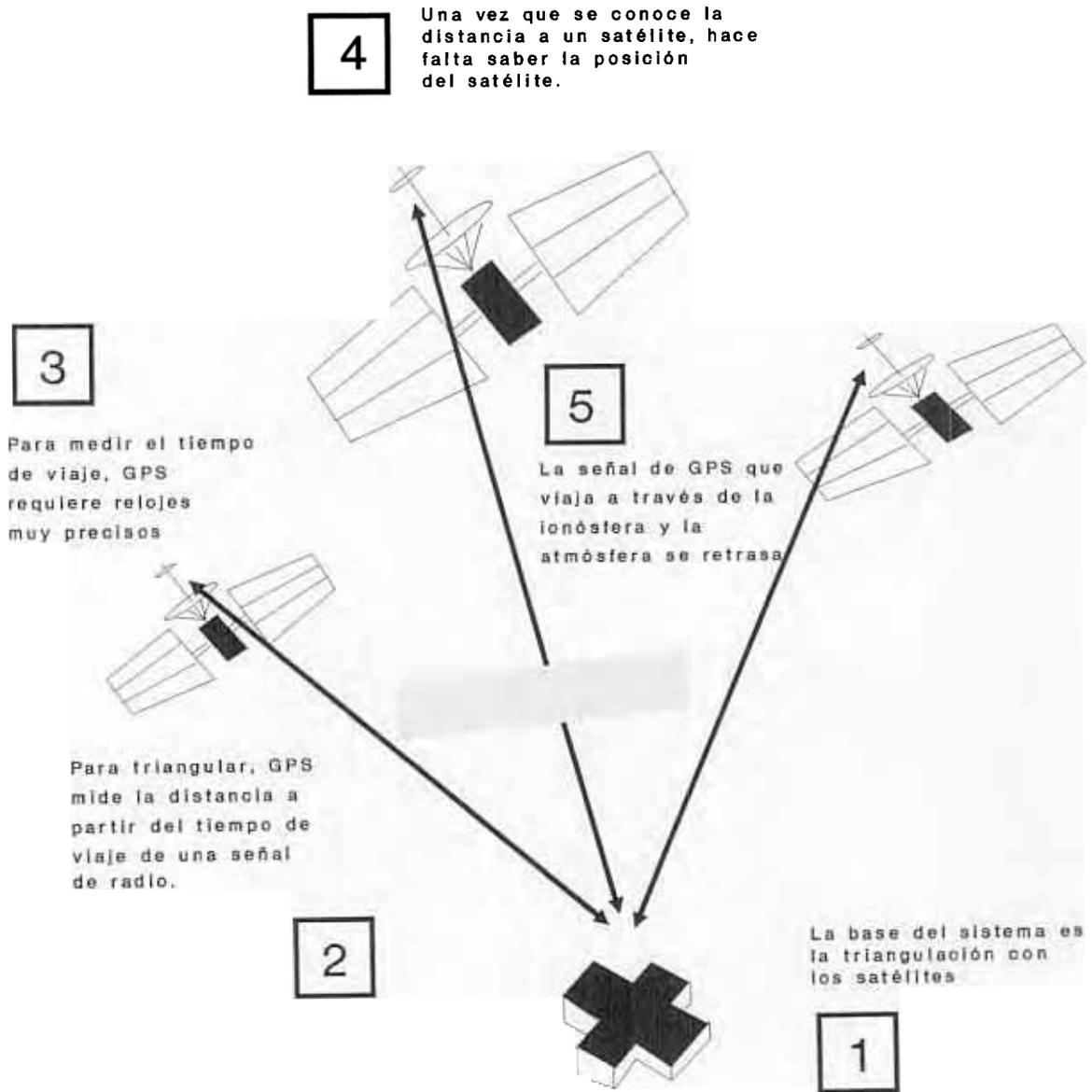


Figura 2: G P S
Sistema de Posicionamiento Global

4.2.2. Sistemas de control automatizado de trenes (ATCS).

Estos sistemas surgieron como respuesta a la conveniencia de incorporar los adelantos de la microelectrónica y las telecomunicaciones al control de la circulación de los trenes. En su configuración básica comprenden equipo a bordo de la locomotora, en la vía y en una estación transmisora y receptora de señales. Los principales equipos a bordo son una computadora, un sistema de transmisión de señales por radio y un integrador electrónico para leer la información que contienen transpondedores colocados en la vía a ciertos intervalos para ubicar su posición durante el recorrido. El interrogador transmite la información a la computadora a bordo y ésta la envía por radio hasta una antena ubicada en un puesto de control, donde la información recibida se usa para tomar decisiones y poder retransmitírselas al maquinista (véase la figura 3).

En esencia, ATCS es un sistema modular respaldado por un conjunto de especificaciones que definen las funciones, el rendimiento, las dimensiones, las formas de montaje y de interfase mecánica, eléctrica y de entorno de los componentes necesarios para llevar a cabo las funciones básicas del control de trenes, que son despacho, seguimiento, monitoreo y control, determinación de ritmos de marcha y manejo de contingencias. Dada la gran cantidad de componentes y proveedores involucrados, el sistema busca establecer términos homogéneos para la actividad de todos los interesados y asegurar la compatibilidad de marcas y aparatos (10).

Los beneficios que ofrece la sustitución de la tecnología convencional para el control de trenes por estos sistemas incluyen una mayor seguridad, facilidad de comunicación entre despachadores y maquinistas y control en tiempo real de los sistemas críticos de locomotoras y carros, etc., así como un enorme potencial racionalizador del funcionamiento de las organizaciones ferrocarrileras al combinar el control de los trenes con la administración de los recursos para la producción de los servicios. Sin embargo existen escollos que han impedido una más rápida difusión del sistema, al menos en Estados Unidos. Es probable que el más considerable tenga que ver con las enormes inversiones ya realizadas en el muy aceptable control de tráfico centralizado (CTC), que aún no han sido amortizadas.

Algunos ferrocarriles han comenzado a explorar aplicaciones para validar los beneficios del sistema en la práctica, así como para desarrollar nuevas aplicaciones a partir de las experiencias logradas. Los esfuerzos de desarrollo más representativos incluyen:

Sistemas de reportes para capturar, en la locomotora, datos sobre la marcha del tren y enviarlos para procesamiento en la computadora central de la red.

Sistemas de comunicación bidireccional para cuadrillas de mantenimiento de vía, para programar sus trabajos en función de la posición real de los trenes.

Operación de territorios "oscuros" (es decir, aquellos sin control de tráfico centralizado).

Operación conjunta, en redes de prueba, de trenes equipados y no equipados para funcionar con el sistema ATCS.

Las expectativas para la implantación del sistema coinciden en que ésta será gradual y que ocurrirá en un plazo de unos diez años.

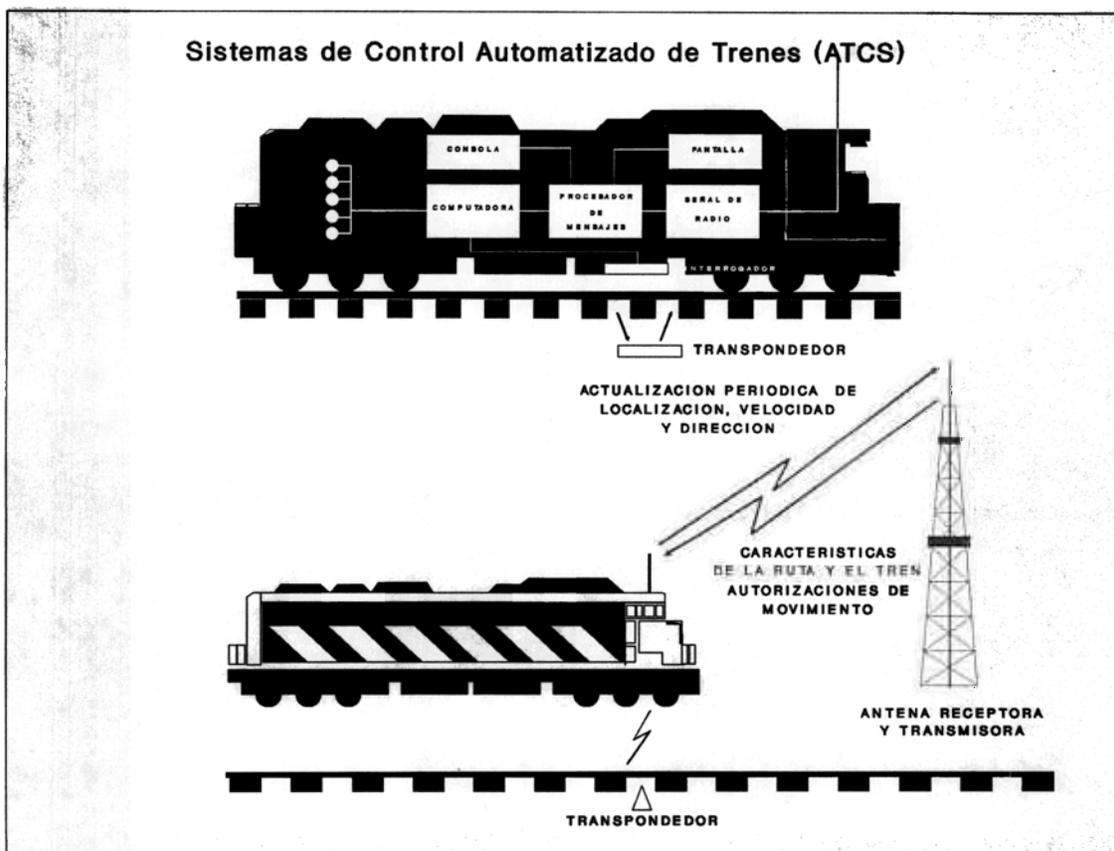


Figura 3

4.2.3. Sistemas de reservaciones por computadora.

En el transporte, el pleno aprovechamiento de la capacidad ofrecida es siempre una meta codiciada, pues ningún transportista desea viajar sin carga o pasajeros. Los sistemas de administración del rendimiento (yield management systems) han surgido en tiempos recientes como una herramienta comercial útil para diferenciar mercados y ofrecerles combinaciones atractivas de servicio y precio. Por lo general, estos sistemas son imprácticos si se carece de apoyos informáticos capaces de manejar, en tiempo real, la capacidad de oferta disponible en una empresa de transporte.

En el transporte aéreo, los sistemas computarizados de reservaciones han permitido implantar el concepto arriba citado. Se trata de sistemas centrales de información, accesibles desde terminales en puntos de venta y oficinas de agentes de viajes, que permiten conocer información actualizada sobre vuelos, tarifas, condiciones de servicio, etc., con objeto de ofrecer al cliente diversas opciones de servicio. Conocida su decisión, el sistema tramita y confirma reservaciones y actualiza la información disponible en el banco central, con objeto de que la capacidad de oferta existente pueda ser manejada de acuerdo con los últimos movimientos.

En las condiciones actuales de competencia en el transporte aéreo, la disponibilidad y el manejo eficiente de sistemas computarizados de reservaciones son esenciales para que una línea aérea pueda mantener niveles satisfactorios de competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

4.2.4. Sistemas de intercambio electrónico de datos.

Estos sistemas posibilitan el intercambio de información estructurada en mensajes entre computadoras geográficamente separadas, para lo cual se apoyan en estándares de preparación, transmisión y recepción de datos. Sus elementos fundamentales son computadoras equipadas con medios para transmitir y recibir mensajes de localidades remotas, usualmente por vía telefónica o por correo electrónico apoyado en la transmisión de señales por satélite.

Los sistemas y equipos necesarios están ya disponibles, sobre todo en los países industrializados; el principal reto para lograr su uso generalizado es institucional y organizacional, pues las partes involucradas deben acordar formas homogéneas para el manejo de la información en mensajes definidos como agrupaciones de datos lógicamente separadas que se requieren o resultan de uno o más de los eslabones de la cadena de transporte. Ejemplos de mensajes necesarios para realizar transacciones comerciales de transporte son solicitudes de cotización, reservaciones y confirmaciones de reservación.

Para estandarizar mensajes y promover el uso de los sistemas de intercambio electrónico de datos, las Naciones Unidas han desarrollado un lenguaje común denominado EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport). Con base en él, se han integrado comités sectoriales especializados para desarrollar códigos estandarizados para los mensajes más comunes. En el transporte, la mayor parte de los mensajes aprobados hasta la fecha se basan en un mensaje general que contiene toda la información relativa a consignaciones, equipo y movimientos de carga.

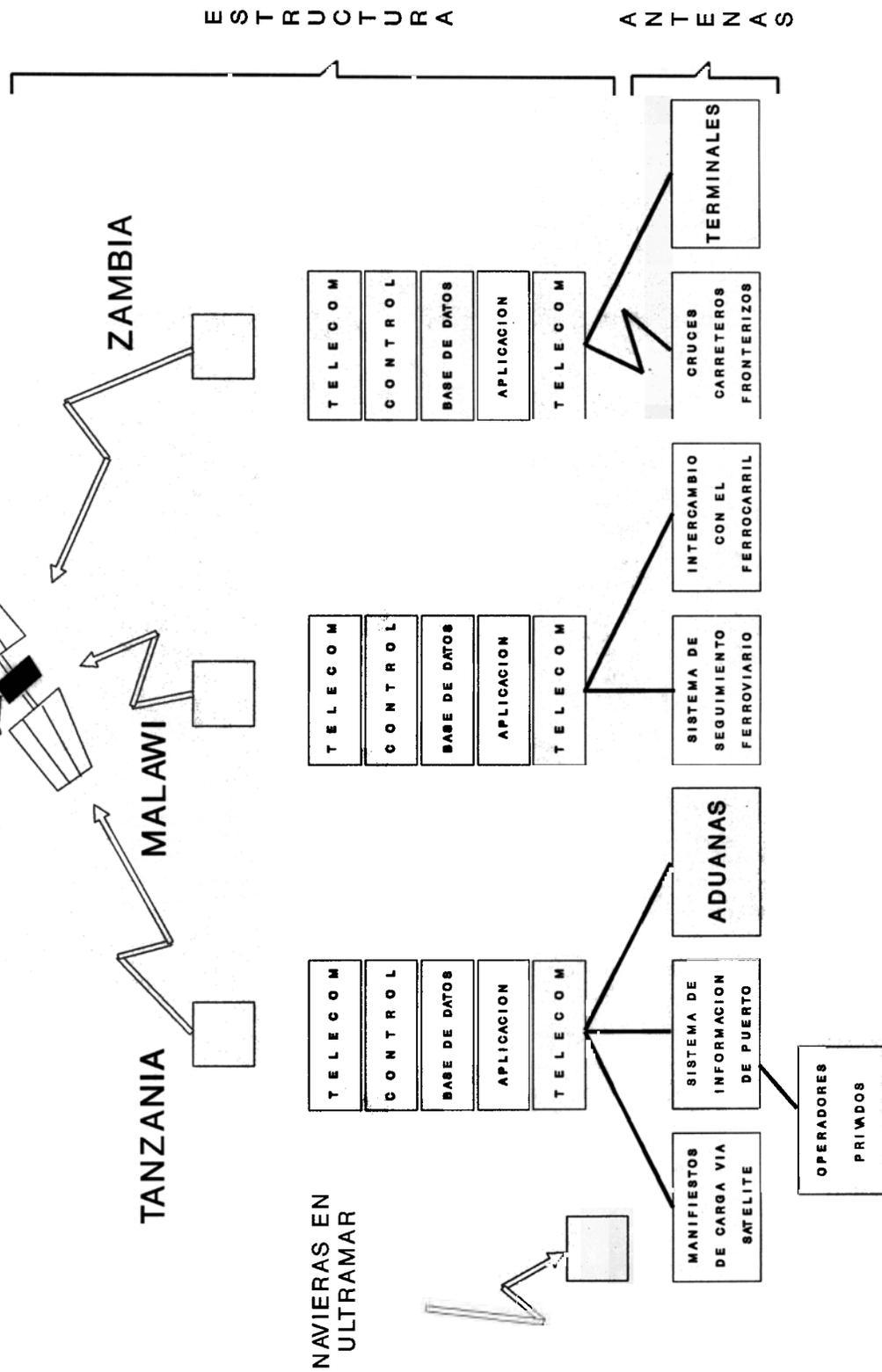
Los sistemas de intercambio electrónico de datos no son un fin en sí mismo, pues se trata de herramientas para facilitar la realización de negocios; su principal atractivo está en la rapidez con que se captura, se valida y se transmite la información comercial. A pesar de que en la actualidad su uso no se ha generalizado, cada vez será más importante que los involucrados en el comercio, sobre todo internacional, cuenten con estos sistemas para fortalecer su vinculación con el mundo y no perder competitividad frente a quienes sí manejen estas tecnologías.

Una implantación concreta de este concepto, desarrollada por la Comisión de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo (UNCTAD) para facilitar el seguimiento de cargas en el África subsahariana, es el sistema ACIS (Advanced Cargo Information System), cuyo principal objetivo es reducir la incidencia de los costos logísticos y de transporte en las operaciones comerciales internacionales de los países de esa región (11).

El sistema maneja y distribuye información sobre la carga y su movimiento, sea en importaciones o exportaciones. Sus principales beneficiarios son las navieras y sus agentes, las empresas portuarias, los agentes y las autoridades aduanales, los agentes de carga, los operadores del transporte terrestre, los usuarios del transporte, las aseguradoras y los bancos, entre otros, quienes reciben información sobre mercancías en tránsito y así cuentan con una herramienta útil para anticipar necesidades de manejo de carga y controlar sus operaciones logísticas.

El sistema ACIS opera mediante unidades de procesamiento de datos nacionales, ubicadas en localizaciones centrales, y otras unidades colocadas en puntos clave a lo largo de las principales rutas, interconectadas a través de sistemas telefónicos convencionales. Las unidades nacionales, que son computadoras de mediana capacidad, concentran y distribuyen los datos, mientras que las regionales, que pueden ser microcomputadoras, sirven como puntos de captura e interpretación de información. El intercambio de datos está respaldado por sistemas convencionales de telecomunicaciones, incluyendo satélites para vinculación con los países socios en el convenio (véase la figura 4).

Figura 4
ACIS EN AFRICA DEL SUR



REALIZACION PILOTO (3 PAISES)

4.2.5. Tecnologías para el manejo de materiales.

Los cambios en la estructura y naturaleza de la producción y los intercambios comerciales - fabricación de productos cada vez más diferenciados, con partes producidas en sitios muy alejados entre sí que se concentran sólo para ensamblaje final; necesidad de adaptarse a esquemas de producción impulsados por la demanda y, por tanto, muy flexibles; esquemas de suministro constantes y confiables, usualmente en lotes pequeños, etc. - han aumentado la complejidad del manejo de insumos, productos intermedios y mercancías para distribución final. Si a ello se agrega el crecimiento del tipo y los volúmenes de productos peligrosos que se manejan y las cada vez mayores preocupaciones por mitigar el impacto ambiental de las actividades económicas, se obtendrá un panorama claro de la problemática que enfrenta el manejo de materiales.

En los últimos años, las preocupaciones anteriores y el desarrollo de nuevas tecnologías para la identificación y el manejo de materiales y paquetería han conducido al diseño y la implantación de sistemas informáticos para respaldar el funcionamiento de almacenes y centros de producción y distribución. Estos sistemas permiten llevar un control más eficiente de inventarios, de la localización de productos en almacenes, cadenas de producción y/o de distribución, de las órdenes de trabajo en proceso, de los movimientos históricos de cada tipo de producto, de la formación de pedidos y su integración en embarques y del etiquetado, entre otras funciones.



FIGURA 5 Código de barras

El elemento clave de tales sistemas es, con frecuencia, el código de barras (véase la figura 5), que es un código estandarizado de numeración de artículos que facilita su identificación automatizada para la realización de las diferentes funciones implícitas en su manejo. Los equipos que se requieren para el uso práctico de estos códigos incluyen, entre otros, lectores ópticos fijos y portátiles, equipo para verificación de códigos, computadoras portátiles, impresoras de etiquetas y códigos, sistemas de seguimiento a base de transpondedores, etc. Una función básica de estos equipos es capturar información en tiempo real a medida que los paquetes o embarques pasan de una a otra etapa en su manejo. Con el respaldo de un sistema informático central, tal oportunidad en el manejo de información permite una mejor toma de decisiones en el interior de los almacenes y centros de distribución, así como mejoras en la comunicación con clientes y prestadores de servicios conexos, como los transportistas.

4.2.6. Modernización del mantenimiento de infraestructura de transporte.

Uno de los elementos fundamentales para organizar y sistematizar el mantenimiento de infraestructura de transporte es el inventario de lo que existe. Sin embargo, la integración y actualización permanente de tales inventarios no ha sido trivial, pues a la complejidad de los sistemas existentes se agrega su distribución en amplios espacios territoriales, su exposición a la acción de los usuarios, los elementos y el tiempo y, con frecuencia, lo escaso de los recursos destinados a ellas.

El sistema de posicionamiento global está empezando a aprovecharse para aumentar la eficiencia del mantenimiento. Por ejemplo, en carreteras comienzan a estar disponibles sistemas que, a base de una computadora portátil y un receptor GPS, permiten que un técnico que recorra un cierto tramo a baja velocidad pueda registrar, sobre la marcha, la localización geográfica de rubros de interés para el inventario de carreteras, como señales, puentes, alcantarillas, intersecciones y zonas de no rebase. Al combinar esta información con datos cartográficos digitalizados y manejados a través de un sistema de información geográfica, queda resuelto el problema de la localización en el inventario carretero y además se cuenta con una base de datos útil para la administración del sistema.

Algunos campos en los que estos sistemas han comenzado a probar su utilidad, que se espera se multipliquen y se especialicen en el futuro, son la administración de pavimentos, la inspección y reposición de señales y el seguimiento de las condiciones de puentes y alcantarillas.

4.2.7. Automatización en aeropuertos.

Para aliviar el congestionamiento en los aeropuertos y reducir los tiempos de procesamiento de los pasajeros, la automatización de la operación aeroportuaria está recibiendo creciente atención. Por ejemplo, en la nueva terminal doméstica del aeropuerto de Arlanda, en Estocolmo, Suecia, se han instalado sistemas novedosos para abatir los tiempos de procesamiento de pasajeros, equipajes y aeronaves, a la vez que reducir el ruido y la contaminación atmosférica y aumentar la seguridad. Ellos incluyen, entre otros, sistemas de embarque y desembarque con pasillos telescópicos en la parte delantera y en la sección trasera del avión; bandas continuas para el traslado directo de equipajes hacia y del avión; abastecimiento subterráneo de combustible, agua, electricidad y aire comprimido; acceso separado de servicios como limpieza, avituallamiento y mantenimiento menor, para evitar la presencia de vehículos de servicio sobre la plataforma. Con estas innovaciones, la nueva terminal ha logrado un aumento en eficiencia de más del 25% respecto a una terminal convencional y se ha convertido en un modelo a nivel mundial.

En las terminales aéreas también se han introducido innovaciones significativas para el procesamiento de pasajeros en las zonas de embarque. En ellas, cada puesto está dotado de sistemas informáticos especializados para dar una atención particular y lograr un control automatizado de los pasajeros y sus equipajes, el acceso a datos sobre vuelos, tarifas, condiciones de servicio, pasajeros y aviones y el suministro de información al público.

4.3. Evolución tecnológica gradual

Independientemente de las novedades tecnológicas que en el transporte han aparecido alrededor del contenedor y del uso de la informática y las telecomunicaciones, el proceso de evolución incremental de las tecnologías tradicionales no se ha detenido. Así, tanto en la industria del transporte aéreo, ferroviario, automotor y naviero, como en la industria de la construcción y en sus proveedoras, ha continuado la introducción de avances tecnológicos útiles para mejorar el funcionamiento del transporte desde innumerables puntos de vista.

A continuación se presentan algunas innovaciones significativas ocurridas durante los últimos años. La presentación se enfoca en los rasgos más generales de cada caso, sin llegar a explorar los innumerables campos de innovación y productos tecnológicos que seguramente forman parte de la tecnología básica general. Nótese, asimismo, que muchas innovaciones tecnológicas introducidas en forma gradual involucran, en alguna medida, el aprovechamiento de tecnologías relacionadas con las computadoras y la informática.

4.3.1. Trenes de alta velocidad para pasajeros.

Estos trenes son electrificados, de ruedas metálicas que ruedan sobre rieles y son capaces de desarrollar velocidades comerciales entre 200 y 300 kilómetros por hora. Se destinan al transporte de pasajeros en corredores de distancias medias y largas (250-800 km), en los que son muy competitivos con el avión y con el automóvil. Algunos ejemplos en operación incluyen al Shinkansen japonés, al TGV francés y al Intercity Express (ICE) alemán. Los principales problemas técnicos relacionados con estos trenes -perfil geométrico de las vías, cargas por eje autorizadas, suministro de energía eléctrica, sistemas de señalización, sistemas de propulsión y sistemas de telecomunicaciones, entre otros- han sido resueltos en las últimas décadas, por lo que estas tecnologías ya están establecidas en corredores ferroviarios de alta densidad de tráfico en algunos países del mundo industrializado.

La operación de trenes de alta velocidad es económicamente factible sólo en corredores con volúmenes de demanda del orden de 5 millones de pasajeros por año. Sus principales ventajas, además de la reducción de tiempos de viaje y el incremento en la comodidad del viajero, son su contribución a la disminución del congestionamiento vial y de ciertas rutas aéreas; sus menores efectos nocivos para el medio ambiente y, cuando su operación ocurre en líneas construidas ex-profeso, su efecto favorable para el mejor aprovechamiento de las redes existentes. Frente a los problemas de congestionamiento, consumo de energía e impacto ambiental relacionados con el transporte que enfrentan diversos países, el interés de los gobiernos por estos trenes, sobre todo en Estados Unidos, Europa y Japón, ha aumentado con rapidez.

A pesar de los altos costos de construcción de las vías, (entre \$ 20,000 y \$ 75,000 millones de pesos por kilómetro, dependiendo de la topografía, las exigencias del control de impactos nocivos para el medio ambiente, etc.), en Europa está iniciándose la integración de una eventual red de trenes de alta velocidad (véase la figura 6). En Estados Unidos se ha autorizado la construcción de dos líneas de TGV en el estado de Texas, entre Houston y Dallas (410 kilómetros) y entre San Antonio y Dallas (585 kilómetros). Japón también está extendiendo su red ferroviaria de alta velocidad y Corea del Sur está en las fases iniciales del desarrollo de su primera línea, entre Seúl y Pusan.

Para el futuro se anticipa el desarrollo de una nueva generación de trenes rápidos, capaces de proveer un alto nivel de confort y calidad de servicio con una operación compatible con las redes ferroviarias existentes y con la protección del medio ambiente. Los principales campos de desarrollo tecnológico subsecuente son el diseño de motores tractivos más potentes, capaces de alcanzar velocidades promedio de 350 km/hr; la reducción del peso de carrocerías y carretones sin afectar la seguridad; el incremento de la potencia de frenado y la implantación de nuevos sistemas computarizados a bordo para mejorar la seguridad.



Figura 6
Líneas Nuevas del Ferrocarril
Europeo de Alta Velocidad

4.3.2. Evolución gradual de la tecnología aeronáutica.

Como resultado de presiones económicas, comerciales, operacionales, reglamentarias y ambientales, los diseños de aviones de pasajeros en aerolíneas comerciales se adaptan constantemente a las nuevas condiciones de operación. Durante los próximos años, preocupaciones relacionadas con el congestionamiento de los aeropuertos y las rutas aéreas, la legislación antirruído, el reemplazo de aeronaves usadas y las tendencias en el precio del petróleo y sus derivados habrán de influir en la selección de tecnologías que se lleve a cabo en este sector.

Dados los elevados costos de investigación, diseño, producción y comercialización de cada nuevo modelo de avión comercial, los fabricantes de aviones desarrollan permanentes esfuerzos de investigación genérica que nutren los diseños específicos que habrán de formar parte de las nuevas aeronaves. Las decisiones en materia de aerodinámica, estructuras, sistemas de control de vuelo y propulsión se basan en las tecnologías disponibles como resultado de esos esfuerzos y de la experiencia práctica. En las decisiones siempre cabe una adecuada consideración de los factores que inciden en ellas, como sesgos en favor de soluciones que economizan combustible, que abatan costos de amortización, costos laborales u otros, según la prioridad que cada factor amerite.

Boeing es el mayor fabricante de aviones civiles en el mundo y cuenta con una amplia línea de aviones comerciales. En esa empresa, los esfuerzos de desarrollo de un avión totalmente nuevo no sólo se canalizan hacia él, sino también hacia modelos existentes que se benefician de la incorporación paulatina de innovaciones. Por ejemplo, los avances logrados durante los sesenta al diseñar y construir el Boeing 747 (Jumbo) se incorporaron después a toda una familia de nuevas aeronaves. De igual forma, el reciente desarrollo del B-767 ha generado innovaciones aplicadas al propio B-747, pero también a otros modelos más pequeños. Actualmente, esta empresa desarrolla el concepto del B-777, que entrará en servicio hacia el final de la década y que dará origen a una nueva generación de innovaciones tecnológicas en aeronáutica (12).

Los nuevos aviones subsónicos, de los que el avión citado será un prominente ejemplo, aprovechará nuevos desarrollos en tecnología de motores y materiales que se anticipa permitirán reducciones del orden de 25% en el consumo de combustible, así como el uso de estructuras compuestas y a base de aleaciones de aluminio y litio, con las que se espera mejorar resistencia y reducir peso. También se prevé la introducción de nuevos sistemas para control y administración de vuelo, así como mejoras derivadas de consideraciones sistémicas en el diseño de la aeronave (13).

4.3.3. Cambio gradual de la tecnología automotriz.

El incremento del precio internacional del petróleo en 1973-74 provocó la llamada crisis energética, que obligó a los países importadores de petróleo a reducir sus consumos del energético y a buscar alternativas tecnológicas para abatir sus requerimientos de importación. En Estados Unidos, uno de los campos más atendidos fue incrementar la eficiencia energética de los automóviles y los camiones ligeros, ya que su consumo conjunto era del orden de dos tercios del total del sector transporte, que a su vez representaba poco más del 50% del petróleo usado en el país.

Tales esfuerzos resultaron determinantes para la evolución de la tecnología automotriz durante los últimos años y se dirigieron en dos sentidos: aumentar la eficiencia energética de los vehículos y mejorar la tecnología (véase la figura 7). El aumento de la eficiencia energética se logró sin sacrificar capacidad interior, potencia o rendimiento, a través de una reducción del 25 por ciento en el peso de los vehículos (de un promedio de 1.85 toneladas por vehículo en 1978 a 1.4 en 1986) y en el tamaño de los motores. El adelanto tecnológico introdujo controles electrónicos del motor, tracción delantera, sistemas de inyección de gasolina y diseños aerodinámicos, entre otros, así como llantas con menor fricción. Según estimaciones, el incremento de la eficiencia energética se puede atribuir en un 50% a la reducción del peso vehicular y del tamaño de los motores y en el otro 50% a la mejor tecnología automotriz.

Los resultados del período 1973-1983 son muy significativos. En Estados Unidos, la eficiencia energética promedio de los automóviles nuevos aumentó de 6 a 11.7 kilómetros por litro. En Australia, de 9.7 a 10.6; en Japón, de 9.5 en 1973 a 13 en 1982; en Inglaterra, de 9.1 en 1973 a 12.3 en 1982. En el caso de los camiones ligeros, en E.U. la eficiencia aumentó de 5.1 a 8.5 kilómetros por litro entre 1973 y 1983. Para 1988, el rendimiento energético promedio estimado de los automóviles nuevos fue superior a 11.9 kilómetros por litro.

Según un panel de expertos consultado por la Universidad de Michigan (15) la evolución tecnológica del ramo automotriz durante la próxima década estará motivada en gran medida por la necesidad de afrontar presiones reglamentarias en materia de emisiones, eficiencia energética, seguridad y reciclado de los materiales usados para la fabricación, sin reducir expectativas de rendimiento, funcionalidad y costo. Los principales elementos de la renovación tecnológica de los próximos años, que se preve seguirá siendo gradual, incluirán el uso de materiales más ligeros para reducir el peso vehicular, como plásticos y aluminio en lugar de acero, hierro forjado y otros metales; el aumento en la eficiencia de motores y transmisiones; la introducción creciente de componentes electrónicos en el automóvil, tanto para nuevas funciones (comunicaciones, entretenimiento, navegación) como para sustitución de sistemas de control mecánico; la facilidad de reciclado de los materiales seleccionados para los procesos de fabricación y el desarrollo

de vehículos con motores abastecidos por combustibles alternativos, como metanol y gas natural comprimido.

A plazo más largo, en materia energética parece posible alcanzar eficiencias del orden de 35 - 50 kilómetros por litro, aunque se requerirán avances tecnológicos adicionales. En el caso de los camiones pesados, la introducción de motores adiabáticos y de otras tecnologías puede incrementar los rendimientos actuales (1.9 kilómetros por litro en la flota actual, 2.5 - 3 kilómetros por litro para los camiones nuevos) en unos 4 kilómetros por litro para 2010.

CAMBIO GRADUAL DE LA TECNOLOGIA AUTOMOTRIZ

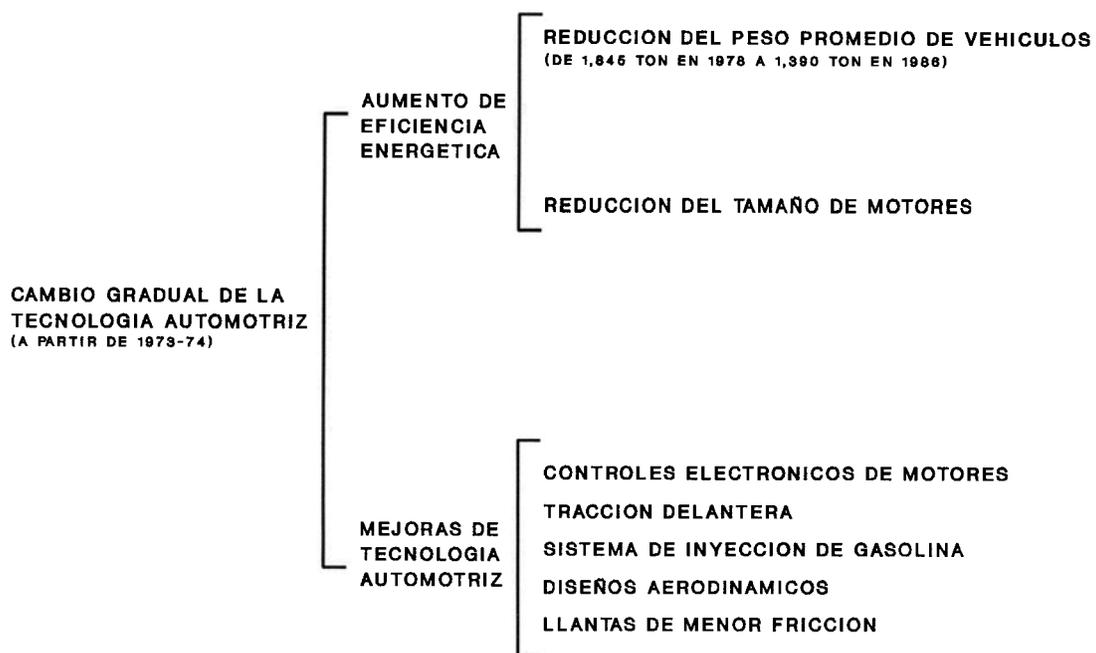


Figura 7

4.3.4. Nuevas tendencias en infraestructura.

La permanente necesidad de atender los crecientes flujos de transporte genera, a nivel mundial, variados requerimientos en materia de infraestructura que, en su mayor parte, son atendidos por obras de infraestructura que podrían calificarse como tradicionales. Sin embargo, las demandas que se imponen a las obras en términos de capacidad, costo total (construcción, conservación y operación), impacto ambiental, aprovechamiento del suelo, etc. son cada vez más exigentes, lo que tiende a llevar al desarrollo de proyectos de complejidad creciente.

Ejemplos de las tendencias anteriores son vías exclusivas para la circulación de trenes de alta velocidad, hoy en marcha en varios países europeos; túneles en zonas centrales de congestionadas ciudades en Europa, como Oslo, Bruselas o París; terminales intermodales ferrocarril/carretera para la integración de corredores ferroviarios de servicios remolque sobre plataforma en Suiza; grandes puentes para la comunicación interinsular en Japón; nuevos aeropuertos, algunos quizá en zonas remotas, en Estados Unidos y Japón; y el Túnel del Canal de la Mancha entre Francia e Inglaterra.

La ejecución de algunos de estos proyectos plantea nuevos retos en materia de procedimientos constructivos, equipo de construcción, uso de nuevos materiales, desarrollo de nuevas especificaciones de proyecto y aspectos específicos como ventilación e iluminación en túneles. El costo de ejecución de las obras recibe una prioridad secundaria, pues la operación económica de la infraestructura, su funcionalidad bajo cualquier circunstancia razonable, la mitigación de los efectos ambientales nocivos y el establecimiento de los más altos niveles de seguridad se consideran de mayor prioridad.

Además de la preocupación por extender la cobertura y elevar la calidad de servicio de los sistemas de transporte existentes mediante la construcción de nuevas obras de infraestructura, muchos países enfrentan enormes tareas para reemplazar y modernizar su infraestructura actual. Por tal razón, un campo en el que se anticipan nuevos enfoques y tecnologías es el mantenimiento, tanto en organización como en financiamiento, ejecución física de los trabajos y control de operaciones. Dentro de esta misma línea, la administración de instalaciones existentes para lograr su óptimo aprovechamiento será también una preocupación de mayor prioridad.

La penetración de la informática en el diseño de infraestructura será cada vez más amplia, tanto en apoyo de tareas tradicionales como en la realización de otras nuevas. Los sistemas de diseño asistido por computadora, los modelos de simulación, los programas para producción de dibujos y planos y la integración de bancos de datos que permitan compartir la misma información durante el desarrollo de las tareas de los diversos equipos de trabajo involucrados en el diseño, la supervisión y la construcción, entre otros apoyos, contribuirán a aumentar la calidad de sus aportaciones.

4.4. Nuevos desarrollos tecnológicos.

La aparición comercial de nuevas tecnologías es producto de la compleja interacción de factores científicos, tecnológicos, económicos, comerciales, sociales, ambientales y políticos, por sólo citar los principales. Los avances científicos en campos muy disímiles, por lo general relacionados con las ciencias naturales, ponen a disposición del tecnólogo nuevos conocimientos que a través de procesos tan complicados o más que la propia investigación científica, le permiten desarrollar nuevas tecnologías que eventualmente podrán encontrar aplicaciones comerciales.

La tarea de los equipos de desarrollo tecnológico, sin embargo, es afectada por presiones económicas y reglamentarias que provienen del medio social, económico, comercial y político en el que se aplicarán las nuevas tecnologías, como resultado de las cuales se generan condiciones y prioridades que hacen factibles ciertas iniciativas y no otras, y que influyen en forma muy significativa en los tiempos en que se introducen las novedades al mercado.

Esta complicada correlación de fuerzas no está nunca estática, pues siempre es preciso reaccionar ante nuevas presiones para rechazar las amenazas que representen y aprovechar las oportunidades que encierren. En consecuencia, existe un impulso permanente para la innovación tecnológica y la introducción de alternativas al mercado.

En el transporte, los procesos citados han conducido a que hoy existan diversas tecnologías que, aunque no han alcanzado todavía niveles de aplicación práctica, se encuentren ya en el umbral de llegar a ellos durante las próximas décadas. En la presente sección se presentan algunos de los desenvolvimientos tecnológicos previsibles para los próximos años.

4.4.1. Combustibles alternativos.

A pesar de los significativos esfuerzos realizados en el mundo para reducir la dependencia energética del petróleo, en el transporte persiste el uso casi exclusivo de combustibles derivados de ese energético no renovable. Frente a preocupaciones originadas por el agotamiento gradual de las reservas de petróleo, por el persistente impacto ambiental nocivo del transporte, sobre todo en áreas urbanas, por la creciente sospecha de que las emisiones de dióxido de carbono están contribuyendo en forma notoria al efecto de invernadero y por la necesidad de que el transporte siga funcionando con economía y efectividad crecientes, en los últimos años se ha renovado el interés por desarrollar nuevos combustibles alternativos.

Aceptando que las preferencias por uno u otro tipo de combustible habrán de estar determinadas por complejas realidades nacionales y regionales, Sperling (16) señala que las opciones energéticas más atractivas para el transporte durante los próximos 30 años serán el metanol, obtenido del gas natural, y el

gas natural comprimido en estaciones de servicio para almacenamiento en vehículos. En algunos países, el etanol obtenido de la biomasa y los líquidos petrolíferos procedentes de arenas bituminosas también parecen ser viables.

El panel de expertos automotrices consultado en la referencia 15 considera que durante los noventa será inevitable la entrada al mercado de los primeros automóviles con motores a base de metanol o mezclas de metanol y gasolina. Para el año 2000, estima que en Norteamérica se fabricarán alrededor de un millón de vehículos, equivalentes a un 6% de las ventas anuales totales, que usen combustibles alternativos. Aunque los primeros usos se anticipan en vehículos pertenecientes a flotillas, a medida que se resuelvan los complejos problemas de manejo, distribución y costo al consumidor de estos combustibles, irán penetrando cada vez más y gradualmente contribuirán a sustituir a los derivados del petróleo.

A más largo plazo, por su costo de producción a los precios y con las tecnologías actuales, otros combustibles que podrían encontrar usos en el transporte son metanol obtenido del carbón mineral y de la biomasa, líquidos petrolíferos sacados del carbón mineral, gas metano obtenido del carbón y la biomasa y el hidrógeno extraído del agua por procesos electrolíticos abastecidos mediante energía solar. Por supuesto, otra opción de interés son los vehículos eléctricos.

Las tecnologías necesarias para producir, distribuir y usar estos combustibles son conocidas. Dada la enorme cantidad de intereses y factores que influyen en que un combustible alternativo tenga éxito, el principal desafío consiste en movilizar las fuerzas que influyen para usar los recursos y los combustibles más apropiados para el transporte durante los períodos en que más convenga.

4.4.2. Trenes de levitación magnética.

La aplicación de la levitación magnética al transporte es atractiva por su potencial en términos de velocidad, impacto ambiental y consumo energético. Aunque todavía no se ha llegado a aplicaciones comerciales en el transporte masivo de carga y pasajeros, en Alemania y Japón se han realizado avances importantes en el desarrollo de esta tecnología, cuyas velocidades máximas se estiman en 500 kph. En operaciones comerciales se proyectan velocidades del orden de 350 kph, con sólo un pequeño incremento en el consumo de energía frente a los trenes convencionales más veloces.

En estos sistemas, un vehículo se desplaza longitudinalmente sobre un colchón electromagnético que se desarrolla a lo largo de un sistema de vía fijo. La levitación del vehículo sobre la vía se logra por medio de fuerzas electromagnéticas de atracción o repulsión que se generan entre el vehículo y la vía. En la tecnología alemana, la parte inferior del vehículo envuelve los rieles, de tal forma que los electromagnetos que tiene a ambos lados quedan

directamente debajo del riel. Cuando fluye corriente eléctrica por las bobinas de los electromagnetos del tren, se generan fuerzas de atracción entre el vehículo y la vía; sin embargo, ambos cuerpos no llegan a entrar en contacto porque al aumentar la magnitud de las fuerzas, un sistema automático de control reduce la intensidad de la corriente eléctrica y abate la magnitud de la fuerza electromagnética correspondiente.

Las fuerzas de propulsión del tren se generan cambiando oportunamente la polaridad de los electroimanes de la vía. Cuando un tren pasa, la polaridad de la vía cambia de tal forma que cada electroimán en el tren resulta atraído por la vía que tiene delante, a la vez que rechazado por los segmentos de vía que acaba de pasar.

La tecnología japonesa de levitación se basa en fuerzas electromagnéticas de repulsión entre vehículo y vía. Utiliza imanes rodeados por helio líquido, refrigerado a temperaturas del orden de -460°F , ya que a esas temperaturas la corriente eléctrica que fluye por los magnetos no encuentra resistencia (superconductividad) y en consecuencia no hay pérdidas caloríficas de la energía eléctrica, lo que da como resultado fuerzas electromagnéticas más poderosas.

Las principales ventajas de los trenes de levitación magnética, cuyas primeras aplicaciones se podrían anticipar para los albores del siglo XXI, son ausencia de emisiones contaminantes, bajos niveles de generación de ruido, inexistencia de partes que se desgasten y de vías que se deterioren. Pueden ascender pendientes más fuertes que los trenes convencionales por carecer de ruedas y presentan ventajas energéticas frente al automóvil y el avión en viajes cortos y medios.

Entre sus desventajas destacan los altos costos de construcción de sus vías (30 mil a 60 mil millones de pesos por kilómetro), la rigidez operativa de su infraestructura y la imposibilidad de aprovecharla como parte de redes ferroviarias existentes. También hay dudas con relación a sus ventajas reales desde el punto de vista ambiental frente a sistemas de alta velocidad que utilizan sistemas rueda-riel relativamente convencionales (17).

4.4.3. Aviones supersónicos.

El crecimiento acelerado de la demanda internacional de transporte aéreo ha generado, a escala mundial, mercados entre pares de ciudades ubicadas a más de 11000 kilómetros de distancia, que se cubren en vuelos de 10 a 14 horas de duración. Ese desarrollo, aunado a la experiencia ganada en más de 15 años de operación del Concorde y a los avances registrados en la tecnología aeronáutica, hacen prever que la segunda generación de aviones supersónicos, capaces de volar a velocidades entre Mach 2.5 y Mach 5, empezará a tener usos comerciales durante la primera década del siglo XXI.

Para cumplir con los requerimientos que estos aviones enfrentarán en términos de eficiencia, economía y seguridad, Schaufele (18) identifica las siguientes áreas, cuyo nivel de prioridad dependerá de la velocidad máxima deseada para la aeronave: 1) Consideración integral de la propulsión y el diseño aerodinámico para lograr alta eficiencia propulsiva y economía en el consumo de combustibles. 2) Combustibles especiales, con un alto contenido de energía por unidad de volumen y buenas características de almacenamiento. 3) Administración energética que permita aprovechar la energía calorífica generada por la fricción a altas velocidades para aumentar la capacidad de generación de fuerzas propulsivas. 4) Uso de materiales termoestructurales ligeros para mayor resistencia a altas temperaturas y menor peso. 5) Tecnologías complementarias para el manejo de combustibles en aeropuertos, control de tráfico aéreo, procedimientos operativos de las líneas aéreas y revisión y adaptación de las normas de confiabilidad, seguridad y mantenimiento.

Según el autor citado, algunas características de operación de los aviones supersónicos incluyen capacidades económicas para 400-520 pasajeros y alturas de crucero entre 80,000 y 120,000 pies, dependiendo de la velocidad. Para velocidades hasta Mach 3, los combustibles y motores convencionales (turbojets y turbofans) parecen ser apropiados. Entre Mach 3 y Mach 6, los combustibles preferibles serán metano o gas natural líquido, para motores de ciclos combinados. Si la velocidad es superior a Mach 6, se usarán combustibles de hidrógeno o híbridos y motores especiales. Para lograr las altísimas resistencias estructurales necesarias a temperaturas de operación de hasta mil grados centígrados sin aumentar inaceptablemente el peso de la estructura, un nuevo material que parece promisorio es el titanio protegido térmicamente con fibras continuas de aluminio. Desde el punto de vista ambiental no parece haber problemas insuperables, aunque dos áreas de preocupación son la generación de ruido al romper la barrera del sonido sobre superficies terrestres y las consecuencias para la capa de ozono del vuelo de aeronaves a grandes alturas.

4.4.4. Automóviles eléctricos.

El automóvil eléctrico ha sido atractivo desde mediados de los años sesenta. Sin embargo, dificultades relacionadas con su velocidad, su capacidad de aceleración, su autonomía de operación y sus tiempos para recargado de baterías han impedido, hasta ahora, su uso en aplicaciones prácticas. Los avances tecnológicos recientes en el desarrollo de baterías de alto rendimiento, al abatimiento previsible de los costos de los vehículos eléctricos durante todo su ciclo de vida y los esquemas y tiempos para el recargado de baterías permiten prever, sin embargo, que pronto será posible operar vehículos eléctricos con autonomía de unos 250 kilómetros y capacidad de aceleración comparable a la de los automóviles de combustión interna.

Según datos presentados por Deluchi et al (19), los vehículos eléctricos avanzados tendrán una autonomía superior a los 160 kilómetros en recorridos urbanos, velocidades de hasta 100-120 kilómetros por hora y tiempos de aceleración de 0 a 50 kph del orden de 7-8 segundos; sus niveles de consumo energético serán bajos (véase el cuadro 1). Dado que los diseños previsibles no sacrificarán capacidad de asientos o carga, se piensa que empezarán usándose como segundo automóvil o bien en flotillas de camiones ligeros y camionetas para recorridos urbanos.

Los factores clave para la propulsión de los vehículos eléctricos son la disponibilidad comercial de baterías avanzadas y los métodos para recargarlas. Los primeros diseños seguramente usarán baterías selladas de plomo y ácido; más adelante, las baterías de sodio y azufre parecen tener grandes posibilidades de aplicación por su potencia, tamaño, peso y duración favorables en comparación con las baterías de plomo y ácido. En cuanto a métodos para recargarlas, los sistemas de reemplazo de baterías, de recargado de alta potencia y de uso de baterías metal/aire que casi evitarán la necesidad de recarga son los más promisorios.

De acuerdo con los autores citados, el éxito comercial de los vehículos eléctricos ya no depende de avances tecnológicos por realizar. Dada su previsible economía de operación y su notable reducción de emisiones frente a los vehículos de combustión interna, su uso en mercados y condiciones especiales parece ser viable para finales de esta década. Si se desarrolla una forma económica de recargar baterías con rapidez, su penetración en el mercado será potencialmente mucho mayor.

4.4.5. Terminales de contenedores automatizadas.

Para aumentar la confiabilidad y el rendimiento de las terminales marítimas de contenedores, así como para abatir los costos asociados con su operación, están en construcción las primeras terminales automatizadas, capaces de funcionar sin la intervención directa del hombre. En un proyecto actualmente en marcha en el puerto de Rotterdam, la terminal tendrá una configuración estandar, pero su operación se apoyará en equipos automáticos de traslación y apilamiento de contenedores que no requerirán operador. El sistema usará vehículos autopropulsados con sistemas navegacionales a bordo y capacidad de carga de 40 toneladas para llevar contenedores de 20, 40 y 45 pies de largo desde el muelle hasta el patio de almacenamiento. Cada vehículo estará en permanente comunicación con un sistema central de control de tránsito que por radio le enviará información sobre las rutas a seguir dentro de la terminal para colocar al contenedor en el sitio apropiado. Un conjunto de transpondedores ahogados en la superficie de la terminal proporcionará información sobre posición, velocidad y dirección de movimiento del vehículo para dirigirlo en forma correcta.

Las grúas de pórtico tampoco requerirán operador. Se moverán sobre rieles, tendrán un claro de 20 m, podrán apilar hasta dos contenedores de 9'6" de alto y también recibirán instrucciones por vía electrónica. El sistema funcionará para importación y exportación y se espera que contribuya a eliminar gran parte del papeleo necesario para procesar contenedores. El costo de la terminal automatizada se estima en unos 145 millones de dólares para instalaciones, equipos y sistemas informáticos, más 83 millones adicionales para muelle, dragado y accesos terrestres. A pesar de que la terminal automatizada de Rotterdam será en muchos sentidos un proyecto piloto, se anticipa que en el futuro se construirá cada vez un mayor número de terminales de este tipo.

CUADRO 1

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS VEHICULOS ELECTRICOS

		ETV-2	BMW 1987	VW Jetta (proyecto)
Velocidad máxima	(km/h)	90	79	116
Autonomía	(km)	98	64 - 115	176
Tiempo de Aceleración de 0 a 45 km/h	(segundos)	8	14	6
Capacidad	(pasajeros)	4	4	4
Suministro de corriente		dc	dc	ac
Tipo de batería		Plomo y Acido	Plomo y Acido	Sodio y Azufre
Año de prueba (aprox)		1980	1987	n.d.

Fuente: (19)

4.4.6. Dirigibles.

Los dirigibles son vehículos de transporte aéreo que vuelan a alturas del orden de 3000 metros, a velocidades de crucero de 60-70 nudos (alrededor de 120 kilómetros por hora). Pueden ser rígidos, semirrígidos o no rígidos, dependiendo de que su forma se mantenga por medio de una estructura metálica, de una quilla o de la presión interna del gas sobre la tela sintética que compone la envolvente del dirigible. El dirigible se eleva principalmente por la tendencia a subir del gas contenido por su envolvente, que generalmente es helio. La propulsión se logra con motores diesel, que también se usan para abastecer los sistemas de control de vuelo.

A pesar de que esta tecnología cayó en desuso desde hace varias décadas, diversos factores han hecho renacer el interés por sus aplicaciones para el transporte. Según Prentice y Beilock (20), los dirigibles tienen ventajas por ser eficientes en el uso de energéticos, por ser capaces de acomodar cargas de todos tipos y dimensiones, por no requerir vías y por demandar terminales relativamente sencillas y poco costosas. Las dificultades que enfrentaron en el pasado, debidas a sus sistemas estructurales poco confiables, a los altos costos de fabricación y a peligros en el manejo de combustibles, entre otras, pueden ser superadas por medio de técnicas de diseño asistido por computadora, por el uso de materiales ligeros y más resistentes y por el empleo de la energía solar como combustible.

Según estimaciones preliminares, un dirigible podría efectuar un recorrido transatlántico entre Holanda y Florida, E.U., en 24-36 horas, a un costo de carga contenerizada de unos \$ 250 pesos por tonelada-kilómetro, lo que lo ubicaría como más caro pero más rápido que el transporte marítimo y aseguraría su factibilidad en ciertos mercados. Los mismos autores citan, como beneficios adicionales por el uso de dirigibles, el abatimiento de costos de transporte en recorridos largos, una posible racionalización en la localización de actividades productivas, una declinación en la importancia relativa de grandes instalaciones de transporte, como aeropuertos y puertos y una menor desventaja relativa de regiones o países lejanos, sin buenos accesos a infraestructuras y servicios de transporte tradicionales.

4.4.7. Sistemas inteligentes vehículo-carretera (IVHS).

Estos sistemas se basan en tecnologías modernas de telecomunicaciones, informática y control y están orientados a mejorar la productividad y la movilidad del transporte, elevar la seguridad, propiciar el mayor uso de las instalaciones de transporte existentes y el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como contribuir a mitigar los efectos nocivos para el medio ambiente.

El desarrollo y la puesta en servicio de estos sistemas implica esfuerzos considerables de todos órdenes, pues sus requerimientos tecnológicos y sus

implicaciones socioeconómicas, institucionales y organizacionales, por sólo mencionar algunas, son potencialmente gigantescas. A pesar de que apenas se ha iniciado el largo camino por recorrer, se han identificado ya las siguientes áreas de trabajo:

Administración del tránsito y ajustes de señales en función de la situación real que guarde el tránsito en cualquier momento.

Información al conductor sobre su localización y las mejores rutas para llegar a su destino, así como sobre las condiciones del tránsito.

Control de vehículos para identificar la presencia de obstáculos y contribuir a una operación más segura.

Operación de vehículos comerciales para incrementar la productividad y ampliar la gama de servicios que proveen las flotillas comerciales.

Los componentes básicos de estos sistemas son, entre otros, sistemas electrónicos para detección y comunicaciones a bordo de los vehículos, sensores y detectores colocados en calles y carreteras, receptores y transmisores de señales de radio, el sistema de posicionamiento global y computadoras centrales que efectúen los complejos procesos de datos en tiempo real que son indispensables para que el concepto en su totalidad funcione de manera acertada (véase la figura 8).

Un ejemplo que ya se halla en una fase de implantación piloto es el programa Storm, actualmente en desarrollo en Stuttgart, Alemania (21). En esa ciudad, los sistemas IVHS en prueba son parte de una respuesta más amplia al problema del congestionamiento vial, que no nada más implica la realización de obras de infraestructura. El sistema referido se basa en un centro de servicios informáticos que interconecta diversos centros de información existentes en la zona y que aprovecha sus capacidades para llevar a cabo las siguientes actividades:

Apoyo al conductor para la selección de rutas óptimas a través de la red local.

Suministro de información dinámica para fomentar el uso combinado de modos de transporte, incluyendo datos actualizados sobre la disponibilidad de lugares de estacionamiento, por ejemplo.

Suministro de información actualizada sobre conexiones en el transporte público.

Generación de información sobre itinerarios de servicios disponibles, así como de reservaciones en los medios de transporte.

Administración de flotillas comerciales.

Atención de emergencias.

La implantación generalizada de estos sistemas contribuirá, a juicio de los responsables del proyecto, a reducir los efectos ambientales del transporte a través del mejoramiento y/o la reducción del tránsito; a aumentar la seguridad de circulación y a asegurar la movilidad de los habitantes de la región. Sin embargo, dados sus alcances y sus repercusiones para la población, el éxito de estos sistemas no dependerá nada más de los factores tecnológicos, sino sobre todo de los cambios institucionales y organizacionales que aseguren una implantación compatible con los intereses de la sociedad.

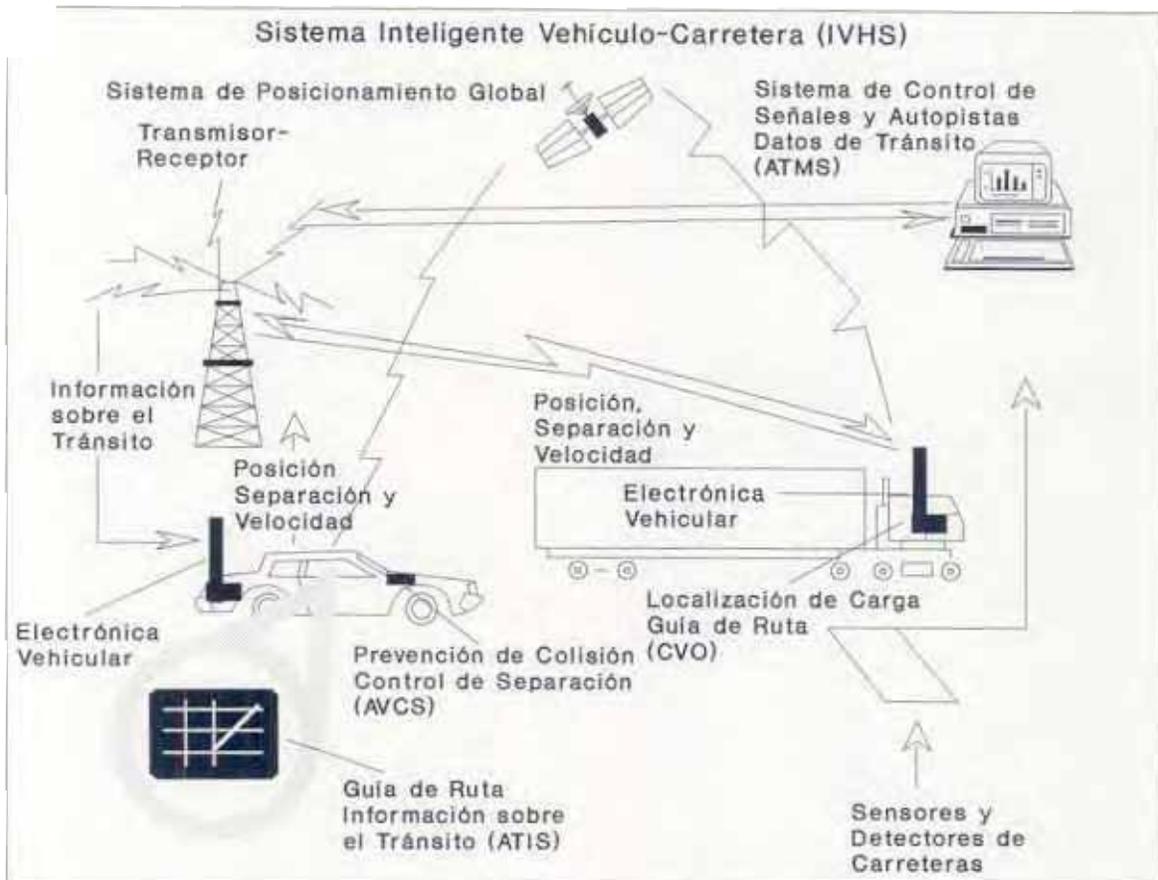


Figura 8

4.4.8. Sistemas automatizados de control de vehículos pesados.

La administración de los cada vez más complejos sistemas de transporte carretero está haciendo surgir mercados en torno al seguimiento y control automatizados de los vehículos pesados. Las autoridades carreteras tienen interés en datos acerca de los vehículos pesados que usan las carreteras para sus actividades de planeación, proyecto e investigación y para control y seguimiento de los pesos vehiculares autorizados. Los autotransportistas desean establecer comunicación permanente con sus choferes y conocer la localización de sus equipos para lograr mayores eficiencias en el uso de vehículos y personal. Los operadores especializados en terminales intermodales o encargados del manejo de sustancias peligrosas también se interesan por información relativa a los recorridos de sus vehículos.

Desde el punto de vista tecnológico, los elementos que se requieren para implantar sistemas automatizados de control de vehículos pesados son pesadoras dinámicas para registrar el peso de los vehículos sin detenerlos; sistemas automáticos de clasificación de vehículos según su longitud, número de ejes y espaciamiento entre éstos; sistemas automáticos de identificación de vehículos mediante lectores ópticos, de microondas o de ondas de radio de baja potencia instalados en el pavimento y transpondedores a bordo de los vehículos; sistemas automáticos de localización de vehículos mediante señales de radio para calcular distancias a dos o más puntos fijos en tierra (sistema Loran-C) o en satélites (sistema GPS); sistemas de administración vehicular, que son computadoras a bordo del vehículo equipadas con sensores que miden kilometraje, velocidad, revoluciones del motor, temperatura del motor, etc., en un ambiente interactivo con el conductor (véase la figura 9).

A pesar de que existen múltiples detalles que todavía no han encontrado una solución tecnológica satisfactoria, la implantación de un sistema de este tipo es factible a la luz de la tecnología de telecomunicaciones e informática disponible. Sin embargo, dada la multiplicidad de interesados en el sistema y lo heterogéneo de sus características y demandas, la viabilidad de un sistema como el descrito sólo se dará si se resuelve la compleja problemática comercial, legal, institucional, organizacional, administrativa y económica asociada con ellos (22).

4.4.9. Sistema de navegación aérea del futuro.

El rápido crecimiento de la aviación en todas sus modalidades, ha llevado a niveles sin precedentes de congestionamiento en aeropuertos y rutas aéreas. En Europa, la Organización de la Aviación Civil Internacional estima los costos debidos a retrasos aéreos en unos 3 billones de dólares al año, mientras que en Estados Unidos los retrasos consumen una flota aérea equivalente de 500 aviones por año. Frente a una perspectiva de duplicación del tráfico mundial de pasajeros por vía aérea para el año 2000, hasta llegar a

unos 2000 millones de pasajeros por año, se ha reconocido la insuficiencia del sistema aéreo actual para enfrentar ese incremento de demanda en condiciones aceptables de seguridad y economía.

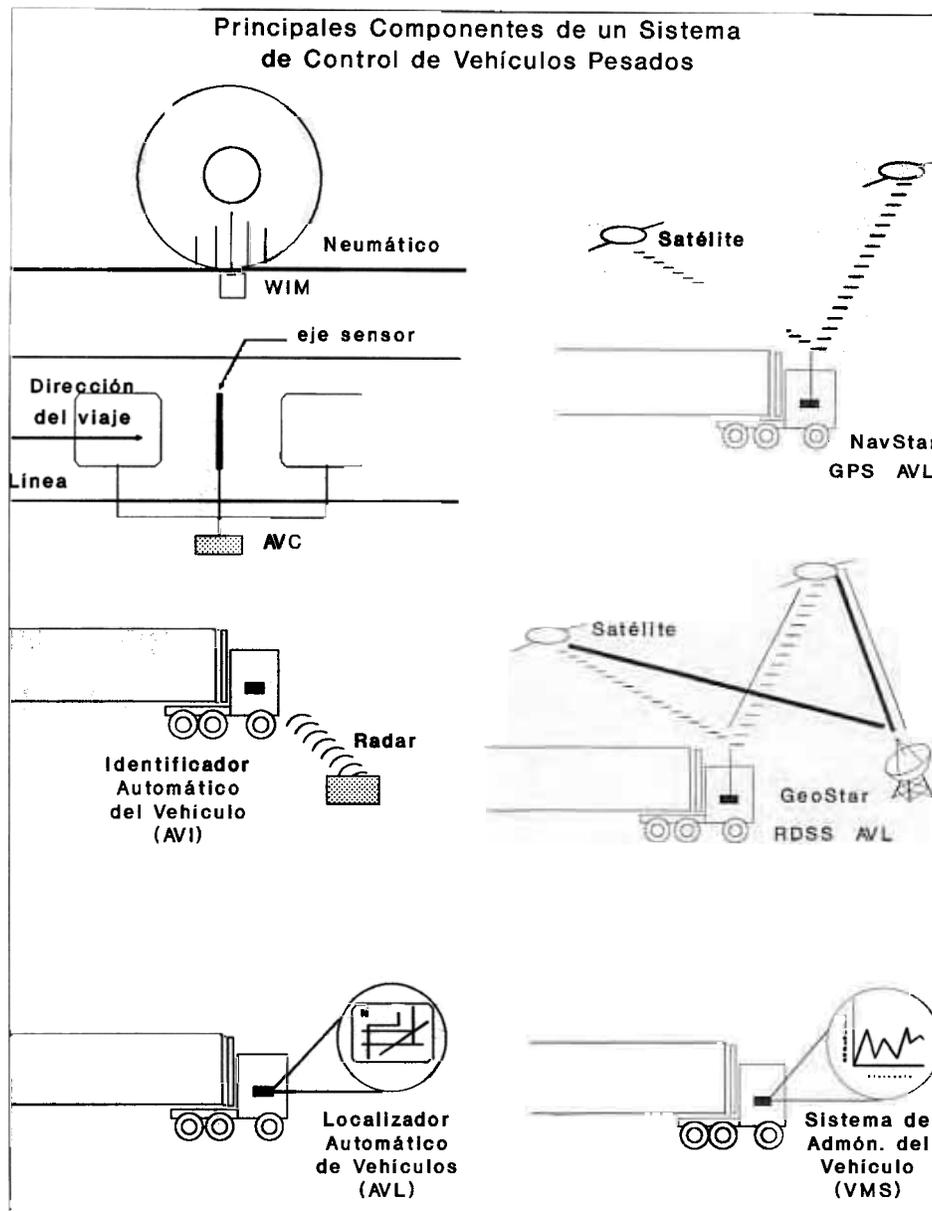


Figura 9

Uno de los campos más promisorios para aumentar la capacidad del transporte aéreo es el control del tráfico aéreo. Los sistemas de comunicación vía satélite, los servicios modernos de navegación y seguimiento de aeronaves en vuelo, la operación automatizada sincronizada de los sistemas de comunicación en tierra y en las aeronaves, así como nuevas tecnologías para el diagnóstico y pronóstico del tiempo, hacen factible pensar en la instalación de un nuevo sistema global de control del tráfico aéreo, denominado Sistema de Navegación Aérea del Futuro.

A diferencia de los sistemas de control de tráfico aéreo en uso, que son de orientación y cobertura nacional, basados en tierra y que usan tecnología analógica (voz), el sistema propuesto para el futuro por la comunidad aeronáutica internacional tendrá alcance global, se basará en comunicaciones por satélite e incorporará tecnología digital (datos). Los elementos básicos del nuevo sistema serán un módulo de comunicación, navegación y seguimiento de las aeronaves basado en la permanente interconexión del avión, el satélite y los puestos de control en tierra, así como un sistema automatizado de administración del tráfico aéreo, basado en el intercambio de datos para toma de decisiones entre aire y tierra, con intervención del personal para confirmar y/o rectificar decisiones (véase la figura 10).

Mediante un manejo eficiente de datos sobre el entorno de operación de las aeronaves, los flujos en ruta, en transición, en las proximidades de los aeropuertos y en la superficie de éste y la posición y las intenciones de cada aeronave, el Sistema de Navegación Aérea del Futuro espera aumentar la seguridad de las operaciones aéreas; incrementar la capacidad del sistema y propiciar su uso pleno bajo toda clase de condiciones de visibilidad; lograr mayor apego de las rutas reales a las trayectorias deseadas por los usuarios; atender la totalidad de aeronaves y sistemas de aviación; y modernizar los procedimientos de navegación y aterrizaje, incluyendo la posibilidad de efectuar aproximaciones en trayectorias curvas y de reducir el espaciamiento entre aeronaves.

Dado el planteamiento de este sistema global, la transición hacia su plena implantación ocurrirá en forma gradual. Durante el resto de la década actual se prevén pruebas, demostraciones y usos piloto en algunas aeronaves. Después se anticipa un período de servicio paralelo a los sistemas actuales, para más adelante consolidar su implantación y dismantelar algunos de los sistemas que hoy se hallan en operación. Cuando esto ocurra, en el período 2005-2015, se anticipa que a nivel mundial los costos anuales de capital, operación y conservación del nuevo sistema serán del orden de un billón de dólares (23).

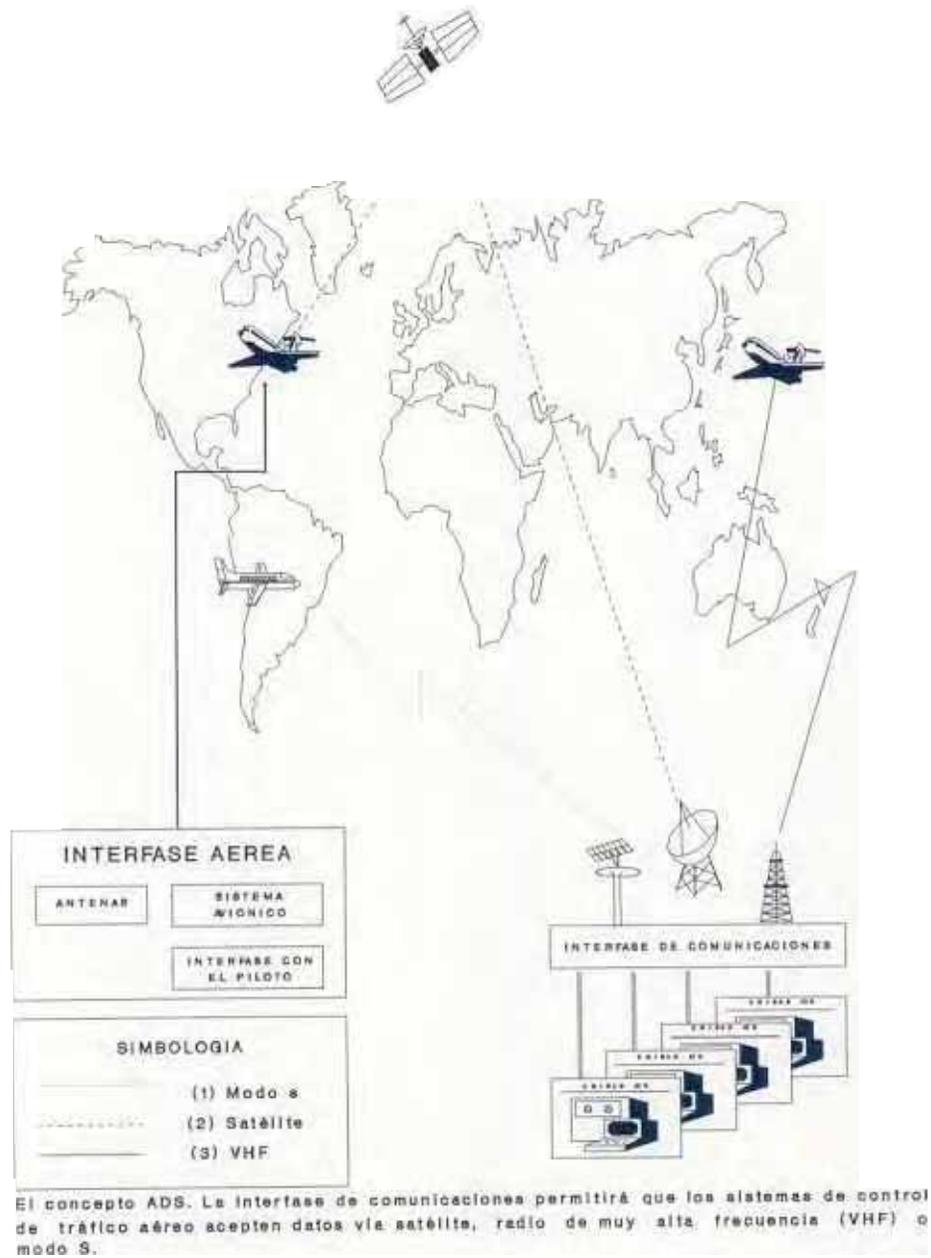


Figura 10

5. Implicaciones para una política tecnológica en el transporte

El estudio sistemático de los factores que influyen en el crecimiento económico a largo plazo ha llevado a reconocer que, junto con el aumento en la disponibilidad de los factores de la producción, el cambio tecnológico es un importante generador de incrementos a la producción al propiciar una mayor efectividad en el uso de los insumos.

En una economía de mercado, los usuales responsables del cambio tecnológico son las empresas, que deben reaccionar ante los estímulos del mercado para adquirir o retener una posición ventajosa frente a sus competidores. La motivación para el cambio tecnológico puede proceder del lado de la demanda o del de la oferta. En el primer caso, algunos elementos que típicamente influyen en la innovación tecnológica son cambios en las expectativas y requerimientos del mercado, la presencia de oportunidades y la necesidad de dar respuesta a la acción de los competidores. Por el lado de la oferta, algunos factores que influyen son la conveniencia de cambiar diseños o procesos, superar problemas de calidad, abatir costos, resolver ineficiencias puntuales o reemplazar ciertos equipos (24).

A pesar de que se ha escrito mucho para demostrar la fuerza relativa del "jalón de la demanda" frente al "empujón de la oferta" o viceversa, una conclusión generalmente aceptada es que el proceso de cambio tecnológico depende tanto de la existencia de un mercado, actual o potencial, como de la disponibilidad de una capacidad tecnológica relevante, y que el proceso se desenvuelve en forma iterativa e incremental hasta culminar en la producción de nuevas tecnologías. En este proceso influye también la dinámica industrial de cada país, pues consideraciones de prestigio, de liderazgo tecnológico o de apoyo a las actividades militares llegan a jugar un papel predominante en el impulso a la investigación y el desarrollo tecnológico. En las relaciones comerciales con otros países, la obtención de una posición ventajosa que permita vender tecnología a precios favorables puede ser otro factor de impulso a la generación de nuevos productos y sistemas.

Dentro de la discusión anterior, un tema muy debatido es la influencia de la reglamentación gubernamental en la innovación tecnológica. Se tiende a aceptar que ella no es despreciable, pues afecta tanto la orientación de las innovaciones como sus características específicas. En el transporte, la actuación reglamentaria de los gobiernos en los campos de la eficiencia energética, el control de los impactos ambientales y la seguridad ha sido notable en todos los modos existentes y por lo general se reconoce como positiva (25). Sin embargo, la reglamentación económica, muchas veces justificada para ordenar el funcionamiento de los mercados, con frecuencia

ha sido contraproducente para la innovación tecnológica al no incentivar a los transportistas a introducir nuevas tecnologías por permitirles operar bajo un manto protector que les asegura su participación en la atención de la demanda.

La intervención del Estado también es fundamental en la determinación de una política tecnológica y de los instrumentos que habrán de manejarse para implantarla. Aun en los países de economía de mercado más industrializados y con mayor capacidad industrial, de investigación y desarrollo tecnológico, es frecuente la intervención del gobierno en apoyo de proyectos tecnológicos con altos riesgos, largos tiempos de maduración o elevados costos de desarrollo. Esos apoyos pueden ser concedidos en forma de contratos militares, subsidios o ventajas fiscales, entre otros medios.

Si se acepta que en México resulta esencial la participación del Estado en la definición de una política tecnológica en el sector transporte, para fijar los alcances e instrumentos de su actuación se requiere profundizar en diversos temas que en este trabajo sólo se esbozan. Entre otros factores, ello incluye una visión detallada de las perspectivas de evolución de largo plazo de la tecnología del transporte y su dinámica, una evaluación objetiva de las fortalezas y debilidades de la comunidad científico-tecnológica e industrial nacional y una estrategia de trabajo que lleve al logro de objetivos inicialmente modestos que después crezcan en alcances y potencialidad.

Según la teoría económica neoclásica, el proceso de cambio tecnológico se inicia con la investigación y el desarrollo experimental, de donde pasa, en un proceso que podría considerarse secuencial, a la invención. Esta se entiende como el idear nuevas formas de alcanzar determinados objetivos y de ella finalmente se sigue a la innovación, considerada como la aplicación comercial inicial de los inventos. Sin embargo, según Marchetti (26), es falso que las innovaciones lleguen a la industria a través de la tecnología y de la ciencia, siguiendo un proceso lineal cuyo desarrollo temporal es cada vez menor. Para ese autor, las invenciones son descubrimientos que ocurren en ciclos, probablemente relacionados con los de la energía primaria, que proporcionan una base para la innovación.

Si se acepta lo anterior, un esquema general de la evolución tecnológica en el transporte parte de la disponibilidad de nuevas fuentes energéticas y pasa por la generación de cambios sustanciales, pero lentos, en los sistemas de transporte; de éstos, lleva a innovaciones tecnológicas en los diferentes modos, que también toman tiempo, y después llega a la innovación a nivel de componentes de los modos, que ocurre con mayor rapidez. Por ejemplo, Nakicenovic (27) estima que el proceso de sustitución de un sistema energético o uno de transporte puede tomar unos 80 años desde su introducción hasta la sustitución de la mitad de su tecnología, mientras que ese mismo plazo va de 10 a 30 años cuando se refiere a la sustitución de ciertos componentes de un automóvil (p.e., la transmisión, el sistema de frenos o los sistemas de control de emisiones).

Según Marchetti, una de las razones por las que los tiempos de adopción y difusión de las nuevas tecnologías son largos se debe a que los procesos correspondientes no dependen de las tecnologías en sí, sino de un contexto social e institucional con capacidades limitadas para absorber cambios tecnológicos que ocasionan transiciones caracterizadas por fluctuaciones, fricciones y hasta crisis.

Para Nakicenovic, la difusión de una tecnología comienza después de que la comercialización exitosa de una innovación básica lleva a crear un nuevo proceso, producto o servicio. Durante las primeras fases de la difusión, la nueva industria abunda en diversidad y experimentación. Al principio procura mejorar su rendimiento técnico, sin preocuparse demasiado por costos y precios. Cuando una variante tecnológica se establece como dominante, desemboca en la supervivencia de unos cuantos competidores y lleva a la nueva industria a una estandarización que provoca una competencia más intensa, una producción más eficiente debido al aprendizaje y una disminución de los precios. También se reconoce la potencial influencia de la tecnología, que después se difunde a otros sectores.

Al madurar la tecnología y sus aplicaciones, sus desventajas se hacen más evidentes. Los mejoramientos cubren un número cada vez menor de posibilidades técnicas y administrativas. La saturación empieza y los problemas asociados con la aplicación de la tecnología a gran escala se vuelven obvios. Frente a una toma de conciencia social respecto a las desventajas y los riesgos de la tecnología que suele ser muy rápida, es raro que la respuesta social e institucional sea apropiada, lo que dificulta que la tecnología siga ampliando su penetración y eventualmente la hace imposible.

Durante su ciclo de vida, una tecnología hace su aparición en un cierto mercado y, a medida que sus ventajas van siendo aparentes, su difusión aumenta en forma gradual. Durante las etapas iniciales, los usuarios aprenden a aprovecharla mejor, su uso resulta más atractivo y la penetración de la tecnología se extiende hasta llegar a la saturación, cuando comienza a ser sustituida por otra tecnología. En el transporte, la evidencia histórica muestra que la difusión de la tecnología es más lenta en los países que la introducen primero, pero que en parte debido a ello esos países tienen más tiempo para aprender a usarla y pueden obtener un mayor provecho de ella. En países que adoptan la tecnología con rezago, la difusión ocurre con mayor rapidez. Sin embargo, antes de que la tecnología en cuestión se haya establecido del todo ya han aparecido otras en los países capaces de generarlas que provocan que las tecnologías sustituidas no lleguen a alcanzar niveles de cobertura y aprovechamiento comparables a los de los países en que se inició su implantación.

El tema anterior es de la mayor importancia para los países en vías de desarrollo, que típicamente implantan nuevas tecnologías cuando éstas ya están cerca de la saturación en los países industrializados y en consecuencia se quedan con sistemas implantados a medias que se vuelven obsoletos con

rapidez y que deben ser reemplazados por otras tecnologías, muchas veces en circunstancias análogas que tienden a perpetuar la situación indeseable descrita. A ello debe agregarse la orientación del esfuerzo de desarrollo tecnológico en sí, las más de las veces definida en función del interés y las posibilidades de los países industrializados. Dado que el desarrollo tecnológico ha llegado a conceptuarse como un proceso de transformaciones irreversibles en el que las decisiones adoptadas ejercen una influencia concreta sobre las que se tomen en el futuro (28), lo anterior lleva a detectar una dinámica evolutiva de la tecnología que otorga poca o ninguna consideración a las necesidades de los países menos desarrollados.

Asimismo, dadas las características del proceso de innovación tecnológica y el contexto social e institucional dentro del que tiene lugar, mientras los países en vías de desarrollo no logren crear una capacidad de investigación y desarrollo tecnológica propia, no conseguirán asegurar una adecuada atención a sus problemas. La base que fundamente esa capacidad tendrá que ser una fuerza de trabajo preparada que les permita, en una primera instancia, evaluar y seleccionar tecnologías relevantes para su nación; después, adaptarlas a las condiciones prevalecientes y, más adelante, realizar sus propios esfuerzos de desarrollo. Independientemente de todo lo que pueda afirmarse, una condición necesaria para una transferencia tecnológica exitosa es que el personal técnico del país receptor posea niveles de capacidad técnica equivalentes a los de quienes generaron la tecnología transferida, puesto que de lo contrario le será imposible aprovecharla de manera independiente y útil para su país.

Evidentemente, lo anterior debe ser matizado en función de diversos factores, entre los que destacan la tecnología de que se trate, la capacidad científica, tecnológica e industrial del país en el campo respectivo y las condiciones prevalecientes en los mercados. En ciertos casos, el éxito en la adopción de una tecnología dependerá de la implantación, en paralelo, de cambios institucionales y reglamentarios en la gestión de los sistemas y los modos de transporte, de donde se desprende la importancia de vincular la política tecnológica con los demás renglones de la política de transporte.

El inventario de nuevas tecnologías de transporte del capítulo 4, si bien no es exhaustivo, enumera las tecnologías que se anticipa serán relevantes en el desarrollo futuro del transporte. Entre ellas, algunas serán relevantes en el mundo y, a la larga, también probablemente en México. Si se acepta que la investigación y el desarrollo tecnológico son fundamentales para el crecimiento a largo plazo del país y que la tecnología del transporte ofrece un campo de interés potencialmente vasto para esas actividades, queda clara la importancia de evaluar las perspectivas futuras para identificar áreas en las que puedan existir oportunidades para la investigación y el desarrollo tecnológico nacionales a la luz de las realidades propias y mundiales del momento.

Para contribuir a ese propósito, se han considerado dos criterios para clasificar las tecnologías identificadas en este trabajo. Ellos son el grado de penetración que hayan alcanzado en países industrializados y el grado de urgencia que, a juicio del autor, se tiene en México para la adopción de cada tecnología. Desde la perspectiva del grado de penetración en los países industrializados, las nuevas tecnologías de transporte se han clasificado en avanzadas, de implantación probable en la presente década e inciertas. El criterio obedece no tanto a la magnitud de la penetración de cada tecnología, sino al hecho de que se trate o no de tecnologías probadas, en uso cotidiano en diversos países y/o regiones del mundo. Desde ese punto de vista, las nuevas tecnologías de penetración avanzada son tecnologías maduras, cuyas características están definidas y cuya evolución futura dependerá más de factores comerciales y coyunturales que de nuevos desarrollos tecnológicos, sin excluir la posibilidad de que éstos contribuyan a mejorar continua e incrementalmente las características de esas tecnologías básicas.

Las tecnologías de penetración probable durante la década de los noventa son tecnologías desarrolladas, con un grado de implantación y prueba aún incipiente en los países industrializados, por lo que ha de contarse con ajustes, adaptaciones y modificaciones mayores a la tecnología o a sus sistemas de apoyo en función de las experiencias adquiridas durante sus fases iniciales de operación. Por último, las tecnologías de penetración incierta tienen un potencial importante pero aún no llegan a una fase definitiva de desarrollo y menos aún a producción y uso. A pesar de que la base tecnológica de estas innovaciones se considera suficientemente madura, su implantación no puede darse por descontada en función de la multiplicidad de factores económicos, comerciales, legales, institucionales, sociales y ambientales potencialmente vinculados con ellas.

La urgencia de actuación en México respecto a las diferentes tecnologías enunciadas se ha clasificado en alta, media o baja. Los criterios utilizados para esa clasificación se basan en los siguientes factores:

Grado de penetración de la tecnología en cuestión en los países industrializados, principales socios comerciales de México, y necesidad de que, a la luz de su significado mundial, el país supere sus rezagos y la incorpore en los más breves plazos a sus sistemas productivos.

Capacidad instalada a nivel nacional para poder asimilar, adaptar y/o mantener la tecnología y asegurar su más pleno aprovechamiento a través de todas las etapas de su ciclo de vida.

Oportunidades presentes en la movilización de la capacidad existente en el país para el desarrollo y/o la explotación de una cierta tecnología y los sistemas que la apoyen.

Posibilidad de desarrollar, a corto y mediano plazos, una capacidad nacional que pueda incursionar con éxito en el desarrollo y la comercialización de la tecnología.

Otros factores que deben tomarse en cuenta al realizar una evaluación de detalle de las posibilidades de incursión exitosa nacional en el desarrollo de nuevas tecnologías de transporte son los siguientes:

Significación potencial de las tecnologías que todavía no se hayan establecido del todo en los países industrializados, riesgos implícitos durante las siguientes etapas de su desarrollo y capitales necesarios para transformarlos en productos comerciales.

Estructura de las industrias involucradas en las nuevas tecnologías, incluyendo características de sus canales de comercialización y espacios para la participación de actores provenientes de países no industrializados. Posición de la industria nacional al respecto.

Tamaño del mercado nacional y/o perspectivas de abasto de mercados internacionales, tanto en forma directa o a través de acuerdos estratégicos con socios de otros países.

Evidentemente, las decisiones habrán de basarse en consideraciones de detalle que escapan a los alcances de este trabajo y que deberán ser producto de la reflexión conjunta de los diversos grupos involucrados.

Dependiendo del grado de penetración de una cierta tecnología en los países industrializados y del grado de urgencia con el que se requiera actuar en México para incorporarla al funcionamiento del transporte nacional, cada tecnología requerirá un cierto tipo de acción conveniente desde el punto de vista del país. Para ayudar a identificar esas acciones, el cuadro 2 clasifica las tecnologías según los dos criterios de clasificación señalados, mientras que en el cuadro 3 las tecnologías presentadas en el capítulo 4 se ubican según esa misma clasificación del cuadro. Es obvio que la ubicación de cada una de esas tecnologías es subjetiva, basada en una aplicación personal de los criterios con la información disponible. También es evidente que no se trata de una clasificación estática, puesto que al transcurrir el tiempo serán necesarios cambios parciales o totales. A continuación se presentan algunas consideraciones respecto a las tecnologías ubicadas en cada categoría.

Penetración avanzada en los países industrializados, urgencia de actuación en México alta. - Las tecnologías pertenecientes a esta categoría son de uso común en el mundo y se conocen en México, pero en el país su uso presenta un rezago notorio desde diversos puntos de vista.

**CUADRO 2
PERSPECTIVAS DE ACTUACION EN MEXICO
GRADO DE PENETRACION EN PAISES INDUSTRIALIZADOS**

	AVANZADO	PROBABLE A FUTURO (ANTES DE 2000)	INCIERTO
U R G E N C I A	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de uso común en el mundo, con gran potencial de aplicación pero uso rezagado en México. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en grado incipiente de implantación, con potencial de desarrollo y grandes repercusiones para México. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en diversas fases de desarrollo con oportunidades inmediatas para México.
D E A C T U A C I O N	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de uso común en el mundo, cuyo desarrollo está ligado a condiciones y volúmenes de demanda locales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en grado incipiente de implantación, con complejidad y requerimientos probablemente al alcance de México. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en diversas fases de desarrollo con posibles oportunidades para México, pero también con graves limitantes para aprovecharlas.
E N M E X I C O	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de uso común en el mundo, que en México se usan poco por: <ul style="list-style-type: none"> - bajos volúmenes de demanda - altos costos de instalación, o se usan mucho pero: - la producción está fuera del alcance - la producción está subordinada al extranjero. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en grado incipiente de implantación más no prioritarias o accesibles para México 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías en diversas fases de desarrollo que están fuera del alcance de México

**CUADRO 3
PRINCIPALES NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE**

GRADO DE PENETRACION EN PAISES INDUSTRIALIZADOS

	PROBABLE A FUTURO (ANTES DE 2000)	INCIERTO
AVANZADO		
U R G E N C I A	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedores refrigerados - Carros portacontenedores de doble estiba - Tecnologías para manejo de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de posicionamiento global - Sistemas de intercambio electrónico de datos - Modernización del mantenimiento de la infraestructura
D E	<ul style="list-style-type: none"> - Terminales marítimas especializadas - Nuevas tendencias en infraestructura - Terminales intermodales automatizadas - Sistemas de reservaciones por computadora 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedores de nueva generación - Sistemas híbridos f.c./carretera - Sistemas de control automatizado de trenes - Sistema de navegación aérea del futuro - Dirigibles
A C C I O N	<ul style="list-style-type: none"> - Buques portacontenedores - Evolución de tecnologías aeronáutica y automotriz - Trenes de alta velocidad para pasajeros 	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización en aeropuertos - Automóviles eléctricos - Trenes de levitación magnética
E N		
M E N		
J O		
O		

Ante la apertura comercial de la economía mexicana, la necesidad de intensificar sus intercambios con el exterior y lograr mayores niveles de competitividad, es urgente actuar para propiciar una rápida absorción de estas tecnologías en México, pues en algunos casos, como el del contenedor, se trata de elementos indispensables para el comercio o para lograr economías importantes.

Por el grado de penetración que algunas de estas tecnologías han logrado en el mundo, puede considerarse que no existen grandes oportunidades de desarrollo tecnológico para México, si bien es cierto que en algunos casos podría haber un esfuerzo de adaptación y/o mejoramiento de algunos sistemas para facilitar su uso en el país; en otros, como el de la tecnología para manejo de materiales, puede haber oportunidades en el ramo industrial. En general, el principal esfuerzo que a nivel nacional se requiere con respecto a estas tecnologías parece referirse a implantar las medidas reglamentarias, de inversiones y de facilitación operativa que sean necesarias para asegurar su rápida incorporación a los sistemas productivos.

Penetración avanzada en los países industrializados, urgencia de actuación en México media.- Las tecnologías de esta categoría se refieren a infraestructuras especializadas y a su operación. Con las variantes que exige cada situación, grandes y novedosas obras de infraestructura están siendo construidas en diferentes partes del mundo para ampliar la capacidad de los sistemas de transporte. Las grandes obras de infraestructura de transporte suelen emprenderse para atender demandas de considerable magnitud que requieren instalaciones especializadas capaces de proporcionar un servicio eficiente y con gran calidad.

En México existe la capacidad técnica necesaria para construir grandes obras de ingeniería civil, pero su justificación depende de un cuidadoso análisis de la factibilidad y oportunidad de las cuantiosas inversiones que por lo general requieren estos proyectos. En este campo es importante actualizar los criterios que sirven como base para el desarrollo de los proyectos, pues es esencial conocer sus implicaciones para la operación y el mantenimiento, para el medio ambiente, para ampliar y aumentar la eficiencia de los accesos regionales y, en general, para abordar el desarrollo de infraestructura con una visión integral que trascienda la tradicional preocupación por los factores técnicos. El cumplimiento de los objetivos de estos proyectos implica, asimismo, el desarrollo de una capacidad operativa y gerencial apropiada para lograr su óptimo aprovechamiento.

Penetración avanzada en los países industrializados, urgencia de actuación en México baja.- Las tecnologías en esta categoría ya están en uso en el mundo y en México se distinguen dos casos. El primero abarca tecnologías que son de uso común en el país, como los aviones y los automóviles; el segundo se refiere a tecnologías que no se usan en México y que no se preve que se usen en el futuro previsible. En ambos casos, la capacidad de desarrollo tecnológico y comercialización que se requiere en los respectivos sectores

industriales está fuera del alcance nacional. A pesar de ello, es probable la existencia de nichos favorables para el desarrollo tecnológico nacional en ciertos campos. Por ejemplo, el hecho de que México se haya convertido en un importante proveedor de partes y componentes automotrices puede significar que en ese ramo industrial se haya alcanzado una madurez que abra ciertas perspectivas favorables al desarrollo tecnológico. En contraposición, la construcción naval o la industria aeronáutica nacionales no están en la misma situación.

Dentro de esta categoría se incluyen tecnologías que de alguna manera están presentes en el país, como los buques portacontenedores o los sistemas de reservaciones aéreas. En estos casos, por razones tecnológicas, financieras o comerciales, poco es lo que se puede lograr en materia de desarrollo tecnológico. Por lo mismo, conviene que las acciones referentes a estas tecnologías se concentren en la creación de condiciones apropiadas para que se puedan aprovechar en beneficio del país.

Penetración probable en los países industrializados, urgencia de actuación en México alta.- Las tecnologías clasificadas en esta categoría tienen gran potencial y un grado incipiente de implantación a nivel mundial, por lo que es previsible que en pocos años ocupen un lugar importante en el mundo. Por ambas razones, en México se justifica una acción urgente para incursionar con oportunidad en estas tecnologías y evitar nuevos rezagos que perjudiquen a los sectores usuarios, así como para explorar opciones de desarrollo tecnológico que puedan representar beneficios para el país.

Penetración probable en los países industrializados, urgencia de actuación en México media.- Las tecnologías incluidas en esta categoría tienen un grado incipiente de implantación. Dada su complejidad y sus requerimientos, a priori parece existir una posibilidad razonable de incursión por parte de México, aunque ésta debe ser verificada en cada caso.

Las tecnologías de esta categoría y de la anterior comparten la necesidad de llevar a cabo evaluaciones detalladas para determinar la factibilidad y el rumbo para la incursión en ellas. Dada la diversidad de las tecnologías y la desigual capacidad tecnológica de los ramos industriales involucrados, una fórmula de trabajo que podría resultar útil para evaluar las posibilidades reales de éxito en cada caso involucra la acción conjunta de gobierno, universidades, centros de investigación y empresas del sector privado a través de mecanismos flexibles y apropiados para cada caso.

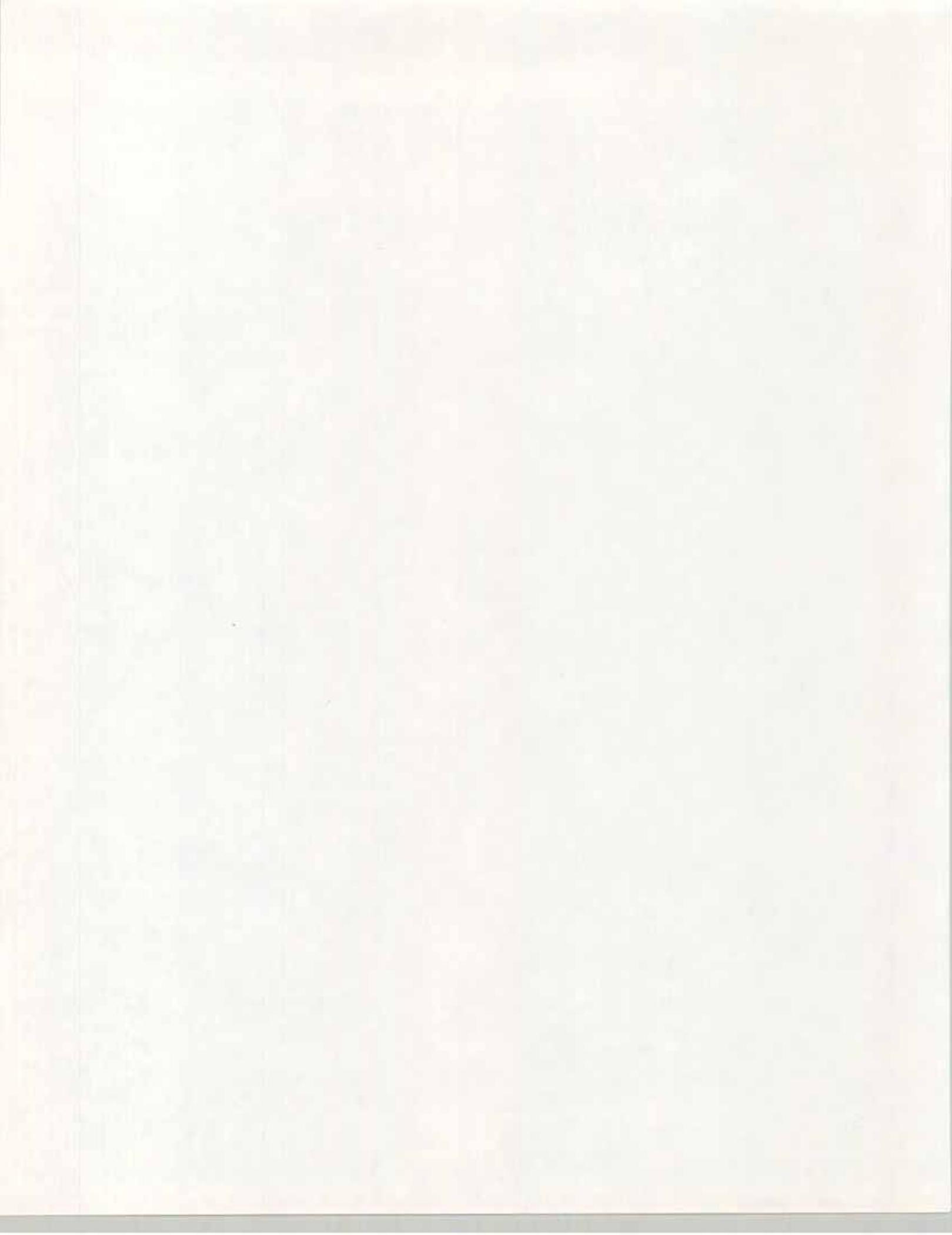
Penetración probable en los países industrializados, urgencia de actuación en México baja.- Las tecnologías correspondientes a esta categoría tienen un grado incipiente de implantación en el mundo, pero no parece urgente adoptarlas en México por su baja prioridad, desde el punto de vista de desarrollo tecnológico, debida a dificultades de producción y/o comercialización, a la inexistencia de demandas con magnitudes suficientes para justificar esas tecnologías o incluso a consideraciones de carácter social.

Penetración incierta en los países industrializados, urgencia de actuación en México alta.- Las tecnologías pertenecientes a esta categoría se encuentran en diversas fases de desarrollo y por su eventual relevancia para México se considera indispensable incursionar en ellas lo más pronto posible. A pesar de que en la clasificación del cuadro 2 esta celda se halla vacía, una exploración más profunda de las tecnologías de esta categoría, de los ramos del conocimiento científico que las nutren y de la capacidad que en esos ramos posea el sistema de investigación científica nacional puede llevar a identificar campos en los que podría resultar fructífera la investigación científica básica, previa evaluación de los costos y las implicaciones de tal anticipación.

Penetración incierta en los países industrializados, urgencia de actuación en México media.- Las tecnologías ubicadas en esta categoría se encuentran en diversas fases de desarrollo y, aunque su implantación exitosa todavía está sujeta al adecuado manejo de un considerable número de complicados factores, parece conveniente, como mínimo, mantener una información actualizada del desarrollo mundial de las tecnologías correspondientes. También puede resultar aconsejable, en algunos casos, explorar con más detalle las perspectivas para un desarrollo tecnológico en la materia.

Penetración incierta en los países industrializados, urgencia de actuación en México baja.- Las tecnologías de esta categoría se encuentran en diversas fases de desarrollo y es previsible que encuentren aplicaciones comerciales durante los próximos veinte años. Sin embargo, los esfuerzos que se requieren para contribuir a su desarrollo están fuera del alcance de México, por lo que no queda más que mantener un razonable nivel de información respecto de ellas.

Como síntesis de la clasificación de los cuadros 2 y 3, cabe recomendar lo siguiente: cuando se trata de tecnologías cuya penetración en los países industrializados se reconozca como avanzada, México debe desarrollar un conocimiento básico de ellas y crear condiciones apropiadas para su uso en el país; en materia de tecnologías de penetración probable durante la década actual y buenas perspectivas de uso durante los subsecuentes, conviene adentrarse en las características de esas tecnologías y explorar con seriedad la posibilidad de incorporarse a su desarrollo en los próximos años. En el caso de tecnologías con perspectivas inciertas, es razonable mantener información y conocimientos actualizados al respecto, con objeto de estar en posibilidad de capitalizar oportunidades que se pudieran presentar en el futuro. En todos los casos, las recomendaciones deben partir de la indispensable necesidad de formar recursos humanos en los campos correspondientes y deben matizarse en función de las condiciones reales que prevalezcan en el país para emprender los diversos proyectos involucrados. Por otro lado, es evidente la conveniencia de perfeccionar la clasificación presentada, profundizando en la identificación de las condiciones que influyen en que una tecnología pueda pertenecer o no a una determinada categoría. En particular, es importante mantener una visión actualizada de las perspectivas tecnológicas del transporte en México y en el mundo.



6. Conclusiones

Salvo contadas excepciones, el progreso científico y tecnológico en el transporte ha ocurrido en los países industrializados. Las naciones en vías de desarrollo han dependido históricamente de la tecnología generada en otros países, misma que han tenido que importar y, en algunos casos, asimilar hasta un cierto grado para poder participar en algunas etapas de la producción (por ejemplo, en el armado local de automóviles o incluso en la fabricación y el suministro de algunas partes automotrices). La dependencia a que se hace referencia no ha sido exclusiva del ámbito de los equipos, sino que también se ha manifestado en sus tecnologías de organización, en general rudimentarias o bien heredadas de la aplicación de tecnologías importadas poco apropiadas para las condiciones locales. Quizá la excepción más sobresaliente a esta dependencia externa ha sido la infraestructura, pues en muchos países en vías de desarrollo se ha alcanzado una autosuficiencia básica en lo que se refiere a planear, proyectar, construir y operar la infraestructura necesaria.

A la vista de la situación señalada. ¿cuál es la aplicabilidad de los desarrollos tecnológicos identificados en el capítulo 4 en los países en vías de desarrollo en general y en México en particular? Muchos de ellos se hallan ya, como se dijo, en operación en algún lugar del mundo. Aunque el grado de penetración y aceptación mundial es todavía incipiente en otros, se trata de tecnologías comerciales que continúan su evolución. Frente a ello, ¿cuál es la situación en los países en vías de desarrollo? ¿Qué tan aconsejable es que ellos introduzcan esas tecnologías en sus respectivos sistemas de transporte? ¿Cuáles son los argumentos decisivos para que ello suceda o no? ¿Cuáles son las implicaciones para ellos de adoptar o rechazar una cierta tecnología novedosa? ¿Qué tan maduro es el contexto nacional para la instalación y el mantenimiento de una cierta tecnología?

La respuesta a las preguntas citadas exige consideraciones muy complejas. Sin embargo, en México cabe iniciar reflexiones en torno a ellas para identificar, en el nuevo contexto para el desarrollo nacional, cuales son las tecnologías indispensables o más promisorias para el futuro, cuáles los mecanismos y los costos para hacerse de ellas y cuáles los campos que ofrecen oportunidades para la innovación y el desarrollo tecnológico nacionales. Al abordar estas cuestiones, una idea por explorar es establecer una estrategia para la exhaustiva y gradual consideración de los esfuerzos nacionales requeridos para una paulatina incursión en el desarrollo tecnológico del transporte.

Como punto de partida cabe fijar el hecho de que el conocimiento de la tecnología es útil por muy diversas razones, muchas de ellas incluso ajenas al diseño de una política de desarrollo tecnológico. En efecto, un conocimiento

amplio de las perspectivas tecnológicas del transporte, incluyendo tecnologías emergentes, sus tendencias de mediano y largo plazo y los requisitos operativos que plantean, entre otros factores, puede orientar la adecuación de un marco general para el desarrollo del transporte que sea propicio para la introducción y el aprovechamiento de nuevas tecnologías de transporte que los diferentes participantes en el transporte consideren de interés.

Así, del conocimiento de la tecnología pueden derivarse planteamientos de carácter jurídico-reglamentario, normativo, de inversión y aún de cambios institucionales y/o en los sistemas de gestión, sin los cuales la introducción de la nueva tecnología puede resultar inoperante. El caso del contenedor ofrece un ejemplo instructivo en este sentido, pues su pleno aprovechamiento ha obligado a establecer un nuevo marco jurídico-reglamentario internacional y nacional; también han sido necesarias grandes inversiones en equipo, infraestructura y sistemas informáticos para acondicionar los sistemas de transporte a los requerimientos que plantea y, por supuesto, en el interior de las empresas de transporte se han llevado a cabo reestructuraciones organizacionales para facilitar las tareas implícitas en su movimiento.

Al igual que el contenedor en el pasado reciente, está ya planteada la aparición de tecnologías que habrán de requerir actuaciones igualmente amplias por parte del Estado y de los diferentes actores involucrados en el transporte y sus servicios conexos. Por ejemplo, la difusión de los sistemas de intercambio electrónico de datos y su presencia cada vez mayor en las transacciones comerciales internacionales hacen pensar en la conveniencia de analizar los cursos de acción más apropiados para México en este respecto y de adaptar el marco general de las actividades pertinentes para una gradual implantación de estos sistemas en el medio nacional.

Por lo anterior, en la actual etapa de redefinición de las funciones del Estado en materia económica y en el transporte que atraviesa México, cabe señalar la importancia de que el país retenga una capacidad de análisis sobre la tecnología del transporte y de respuesta a sus requerimientos reglamentarios, normativos, de promoción de inversiones y concertación de acciones con los grupos y autoridades interesados, así como de seguimiento sistemático de los resultados y las implicaciones de la adopción de las diferentes tecnologías. Por supuesto, la actuación del Estado será también fundamental para estructurar una política de investigación y desarrollo tecnológico en el sector transporte.

En este último ámbito, el conocimiento actualizado de las tecnologías de transporte y de las condiciones nacionales y sectoriales prevalecientes se requiere y seguirá requiriéndose para comprar, adaptar y desarrollar nuevas opciones tecnológicas, así como para usar en forma apropiada las tecnologías seleccionadas. En un mundo en el que la disponibilidad de excelentes tecnologías de diferentes marcas, capacidades y condiciones de servicio es

grande casi para cualquier componente que se desee, comprar tecnología puede ser una tarea de gran complejidad, que requiera gran atención no sólo en sus aspectos comerciales, sino sobre todo en la evaluación de su compatibilidad con sistemas existentes, de sus perspectivas de vida económica y obsolescencia, de sus rendimientos, de sus necesidades de mantenimiento y de la capacitación y el entrenamiento de personal, entre otros factores. El conocimiento de las tecnologías es, pues, un prerrequisito indispensable para asegurar su uso bajo condiciones que propicien eficiencia y seguridad.

La adaptación y el desarrollo tecnológico requieren, por supuesto, un nivel muy superior de conocimiento y dominio de las tecnologías involucradas. Dependiendo del área a la que pertenezcan se precisará la intervención de especialistas para efectuar las adaptaciones y/o los nuevos desarrollos que se juzguen alcanzables y apropiados para las condiciones locales. De esta necesidad se desprende el papel central que en toda estrategia de desarrollo tecnológico en el transporte habrá de concederse a la formación de recursos humanos con niveles de excelencia.

En síntesis, para avanzar en el desarrollo de una estrategia de desarrollo tecnológico en el transporte nacional, parece conveniente llevar a cabo un conjunto de acciones, entre las que destacan las siguientes:

1. Profundizar en la visión de las perspectivas de evolución de la tecnología del transporte a nivel mundial a mediano y largo plazos, identificando aquellas cuyas repercusiones potenciales para México sean mayores. La visión a obtener habrá de incluir información sobre la estructura de las industrias en las que tales desarrollos hayan de tener lugar, sobre las características y costos de los esfuerzos emprendidos, sobre la participación del Estado respectivo en la generación de tales tecnologías y sobre la naturaleza de los instrumentos de promoción utilizados para ello, entre otros factores.
2. Profundizar en la visión del transporte interurbano nacional y de sus perspectivas de desarrollo futuras, concentrándose en particular en la identificación de sus requerimientos en materia tecnológica y de las oportunidades que ellos puedan ofrecer para la comunidad científico-tecnológica e industrial del país.
3. Evaluar, en forma objetiva, las fortalezas y debilidades del sistema científico-tecnológico nacional en los campos relacionados con el transporte e identificar las amenazas y las oportunidades que se plantean como paso previo al desarrollo de una estrategia de trabajo que permita una incursión paulatina en áreas de desarrollo tecnológico en las que exista una oportunidad favorable de competir.
4. Conocer las prácticas, las experiencias y las formas en que otros países abordan el impulso al desarrollo tecnológico en lo referente al transporte.

Identificar el contexto dentro del que tienen lugar tales actividades y los instrumentos de política que se usan para impulsarlas, con objeto de evaluar su grado de aplicabilidad en la situación particular de México.

La importancia del desarrollo tecnológico para el crecimiento económico y la elevación del bienestar exige políticas e ideas claras y factibles para que cada país inicie o continúe su marcha acorde con su situación y sus posibilidades. Hoy y siempre habrá restricciones para emprender esfuerzos de desarrollo tecnológico; nunca se podrá realizar todo a la vez, y seguramente aunque se pudiera no convendría. Por tales razones, en México es importante formar personal con un conocimiento de la tecnología del transporte que permita estructurar estrategias de desenvolvimiento tecnológico en el transporte que sean realmente apropiadas para el país y llevar a cabo trabajos previos para fundamentar el diseño de una necesaria política tecnológica en el transporte.

7. Referencias

1. Sagasti, Francisco R. "El Factor Tecnológico en la Teoría del Desarrollo Económico". Jornadas 94. El Colegio de México, 1981.
2. Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT. "Manual de Distribución Física de las Mercancías de Exportación". Segundo Volumen. Ginebra, 1988.
3. Mueller, Gerhardt. "Intermodal Freight Transportation". 2nd. Edition. Eno Foundation for Transportation. Westport, CN, 1989.
4. Peters, H.J: "Seatrade, Logistics, and Transport". Policy and Research Series No. 6. The World Bank. Washington, D.C. 1988.
5. U.N. Conference on Trade and Development. "Review of Maritime Transport 1990". New York, 1991.
6. Thomas, B.J. y Roach, K. "Operating and Maintenance Features of Container Handling Systems". Technical Paper. The World Bank. Washington, D.C. Diciembre de 1987.
7. Sinclair, J. et. al. "Refrigerated Containers". The World Bank, Washington, D.C., diciembre de 1989
8. Rodríguez, B. y Pérez, P. "Telemática en el transporte de mercancías por carretera". Rutas, No. 29, Marzo-Abril de 1992.
9. Hurn, J. "GPS: A Guide to the Next Utility". Trimble Navigation, California, 1989.
10. Association of American Railroads. "1986-1987 Research Report" Washington, 1988.
11. U.N. Conference on Trade and Development. Advance Cargo Information System (ACIS). Ginebra, enero de 1990.
12. Walsh, J.F. "Airline Aircraft Manufacturers" en "Future Aviation Activities". Transportation Research Circular No. 352, Washington, D.C. Febrero de 1990.
13. Anderson, A.J. "Higher Speed Commercial Aircraft Evolution" en "Outlook for Commercial Supersonic and Hypersonic Transport Aircraft". Transportation Research Circular No. 333. Washington, Julio de 1988.

14. Greene, David L., Daniel Sperling y Barry Mc Nutt. "Transportation Energy to the Year 2020". Conference on Long-Range Trends and Requirements for the Nation's Highway and Public Transit Systems. TRB, Washington, 1988.

Cole, David E. et. al. "Delphi VI: Forecast and Analysis of the U.S. Automotive Industry Through the Year 2000". UMTRI Research Review. Vol. 22, No. 5. Abril-Mayo de 1992.

16. Sperling, D. "Transportation Energy: When Muddling Through is not Enough". Transportation Research, Volume 23A. No. 3, pp 179-181. Mayo de 1989.

17. Tierney, John. "The Little Engine that Might Not". Science. Vol. 5, No. 6, Julio-Agosto de 1984.

18. Schaufele, Roger D. "The Required Technology Combinations for High-Speed Commercial Aircraft. en "Outlook for Commercial Supersonic and Hypersonic Transport Aircraft". Transportation Research Circular No. 333, Washington, D.C., July 1988.

Deluchi, M. et. al. "Electric Vehicles: Performance, Life-Cycle Costs, Emission, and Recharging Requirements. Transportation Research, Vol. 23A No. 3, pp 255-278, 1989.

20. Prentice, Barry E. y R. Beilock. "When Pigs Fly". Artículo no publicado.

21. Wojatschek, J. "STORM-Regionales Verkehrsmanagement Stuttgart". Daimler-Benz AG, s.f.

22. Grenzeback, L.R. et al. Feasibility of a National Heavy-Vehicle Monitoring System. National Cooperative Highway Research Program Report 303. Washington, D.C., 1988.

23. Revista de la OACI, varios números.

Mowery, David y Rosenberg, Nathan. "The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of some Recent Empirical Studies". Research Policy, No. 8, 1979, pp. 102-153.

25. Ettlíe, J.E. y Rubenstein, A.H. "Stimulating the Flow of Innovations to the U.S. Automotive Industry". Technological Forecasting and Social Change, Vol. 19, pp. 33-56, 1981.

26. Marchetti, Cesare. "Society as a Learning System: Discovery, Invention, and Innovation Cycles Revisited". Technological Forecasting and Social Change, Vol. 18, pp. 267-282, 1980.

27. Nakicenovic, Nebojsa. "The Automobile Road to Technological Change: Diffusion of the Automobile as a Process of Technological Substitution". *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 29, pp.309-340, 1986.
28. Sahal, Devendra. "A Theory of Evolution of Technology". *International Journal Of Systems Science*, 1979, Vol. 10, No. 3, pp. 259-274.

"MEXICO COMUNICA CON SEGURIDAD"

CIUDAD DE MEXICO

Av. Popocatepetl 506 B
Xoco-Benito Juárez
03330 México, D.F.
Tels. 688 76 29
688 76 03
Fax 688 76 08

SAN FANDILA

Km 4 + 000, Carretera
Los Cues-Galindo
76700 P. Escobedo, Qro.
Tels. (42) 16 97 77
16 96 46
16 95 97
Fax (42) 16 96 71