

Rev.Téc.Ing., Univ.Zulia
Vol.3 , N°1 , 1980

SISTEMAS DE TRANSPORTE PUBLICO URBANO

N. Rincón
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
Maracaibo , Venezuela

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las características funcionales más importantes de los diferentes sistemas utilizados actualmente en el transporte público urbano.

De dichos sistemas , se enfatizará la descripción de aquellos existentes en la ciudad de Maracaibo y/o de posible aplicación.

ABSTRACT

This work describes the most important functional characteristics of the different public transportation systems actually utilized in urban areas.

Of these systems , the ones existing in the city of Maracaibo and their possible applications are described with greater emphasis.

1. EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE URBANO

EL TRANSPORTE URBANO COMO UN SISTEMA

El transporte colectivo urbano , en razón de su naturaleza y de sus propósitos, debe entenderse como un sistema de servicio público, funcionalmente integrado por operaciones y modos complementarios.

Las soluciones al problema del transporte son varias y cada una de ellas tiene sus propias características . Se requiere como situación de tipo general , la integración sistemática de los diferentes modos , la reorganización de las operaciones y la orientación de la demanda , en razón de las necesidades de los usuarios y de la economía de los modos.

Ningún esquema simple puede ser concebido como solución del problema ; ésta debe buscarse en la combinación de los varios modos, analizando en detalle sus características , para definir los componentes del sistema de transporte urbano escogido.

La solución del problema , considerado como un sistema integrado , precisa en Maracaibo de una total renovación para adaptarlo a las exigencias de la ciudad en crecimiento y donde su población depende en un 60% de este servicio . El aumento de los autobuses y de los por puestos no solucionarán el problema mientras exista la falta de complementación y la dependencia excesiva de un modo . Las perspectivas de este servicio sostenidas dentro del marco tradicional establecido, son críticas y adversas al desarrollo urbano.

Este conjunto de aspectos nos revela la complejidad del problema y lo inadecuado en continuar tratando de resolverlo de la manera tradicional . Para la solución del problema es necesario implantar acciones, en el orden físico y organizativo, cónsonas con las realidades presentes y las perspectivas futuras de la ciudad . El sistema debe adecuarse a las características y evolución del área urbana y a la demanda entre otras posibles estrategias de solución , incluyendo el control riguroso del desarrollo urbano.

SISTEMAS EXISTENTES DE TRANSPORTE PUBLICO

El área urbana de Maracaibo tiene una población del orden de los 900.000 habitantes. Esta población, de acuerdo a índices conocidos, debe realizar alrededor de 160.000 viajes internos en la hora pico, utilizando diversos modos de transporte privado y colectivo. Los sistemas de transporte público (por puesto y autobuses) realizan alrededor de 90.000 viajes personales en la hora de máxima demanda.

Los dos medios básicos de transporte público existentes en Maracaibo son el auto "por puesto" y el autobús. El sistema de autobuses está operado por empresas privadas que explotan concesiones de rutas otorgadas por la Municipalidad. El servicio es deficiente en cantidad y calidad, principalmente en los sectores periféricos, donde son comunes los intervalos entre vehículos de 30 minutos o más, si existe el servicio regular. No existen paradas, lo que ocasiona muchas paradas intermedias, dando origen a bajas velocidades de operación. El estado de vehículos y las normas de comodidad son deficientes, produciendo además ruidos y escapes de gases excesivos. Se utilizan unidades de bajo costo que se mantienen muy pobremente. Los autobuses transportan una demanda cautiva constituida por quienes no tienen otra alternativa.

Los "por puesto", en razón de poder mantener mayor velocidad de circulación dada su flexibilidad, y mayor comodidad del servicio, han constituido tradicionalmente la espina dorsal del transporte público en Maracaibo. Sin embargo, el uso intensivo de este modo como medio de transporte público es casi imposible en el futuro: en efecto, la expansión de este servicio en función de la demanda es muy limitado, la poca disposición de puestos para el público ocasiona demoras, esperas y pérdidas progresivas de la movilidad. El margen de ganancias de los que explotan este servicio se ha venido reduciendo y ha presionado varias alzas de tarifas, lo cual se ha manifestado como es de todos conocido. Estas tendencias serán acentuadas en el futuro, haciendo muy incierta la supervivencia de este medio de transporte.

CRECIMIENTO URBANO Y EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE

Maracaibo alcanzará , para 1990, una población del orden de los 1.400.000 habitantes , que representa una tasa de crecimiento anual del 4%.

Las necesidades de transporte se estiman para el año 1990, en 260.000 viajes de personas en la hora pico . Esto representa un crecimiento del 5% anual . La Fig. 1 muestra el aumento previsto en los viajes personales, entre 1972 y 1990, según el modo de transporte utilizado.

El transporte público deberá absorber alrededor de 140.000 viajes horarios máximos . El tránsito automotor, como resultado del aumento poblacional y del ingreso per cápita , tendrá una tasa de crecimiento del 5.2% anual , incrementándose el 50% en los próximos 11 años , lo que indica la necesidad de aumentar la red vial principal en la misma proporción . De acuerdo a lo planteado y a la notable distracción de fondos en la materia, ésto parece poco probable.

Las peores consecuencias de la congestión la sufrirán los medios de transporte colectivo, en particular, los autobuses . Con mayores dificultades de maniobra dados su tamaño y menor potencia relativa , su velocidad de circulación es muy inferior a la del resto del tránsito , y si se incluyen las paradas , su velocidad comercial resulta del orden de la tercera parte de la del tránsito en general. Como la capacidad de transporte es proporcional a la velocidad comercial, la capacidad se reduce en la misma proporción en que se reduzca ésta.

Los por puestos podrán mantener mayor velocidad de circulación dada su flexibilidad , pero la congestión , además de los factores citados anteriormente, reducirá su capacidad de servicio.

Los medios colectivos por otra parte , demandan cierta cantidad de espacio en paradas y particularmente en los terminales. Esta área tradicionalmente no se les ha garantizado porque sencillamente rara vez se prevee al diseñar y construir la vialidad . El resultado es que una gran proporción del espacio destinado a la circulación sea utilizado con este propósito creando serios conflictos con el resto

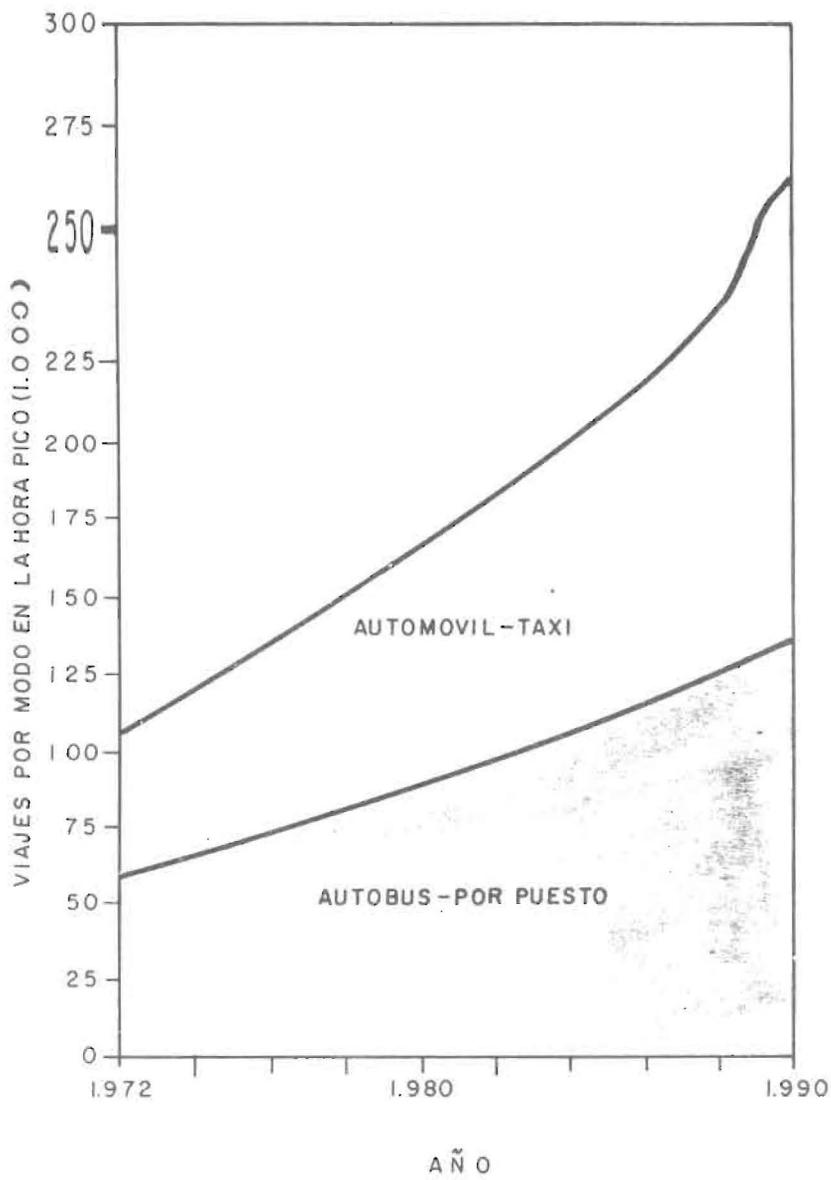


FIG. Nº I. PRONOSTICO DE LA DEMANDA DE VIAJES 1972-1990
MARACAIBO

FUENTE : O.M.T. TRANSITO RAPIDO PARA MARACAIBO

del tránsito y haciendo mucho más crítica la situación. Los autobuses y por puestos acumulan a las demoras causadas por la circulación, las que sufren en los procesos de maniobra en paradas y terminales y en el embarque y desembarque de pasajeros.

Supuesta a la congestión causada por los vehículos está la creada por los volúmenes peatonales en ciertas áreas que a menudo entran en conflicto con los primeros. Por no reducir la capacidad de las intersecciones y vías rara vez se estipula tiempo especial en los semáforos para el cruce de peatones; las aceras son por otra parte tan estrechas que los peatones deben invadir las calzadas para poder desplazarse.

Además, no hay que olvidar el transporte y manejo de la carga necesaria para la vida de la ciudad, que demanda también espacio en las vías de circulación y áreas para la carga y descarga. Finalmente, las áreas centrales y comerciales acusan déficit importantes de estacionamientos. Como consecuencia, la tendencia a estacionar en las vías públicas se convierte en una necesidad restando una cantidad apreciable del espacio para la circulación.

No es difícil demostrar que no será posible la conducción racional de los volúmenes de tránsito y de pasajeros, si se llegan a materializar las tendencias indicadas y no se mejora la situación en el futuro.

SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO

La existencia de un sistema de transporte público urbano, conjuntamente con la construcción del sistema arterial y el aumento de la accesibilidad del sistema secundario, puede cambiar radicalmente la situación presente y futura del problema del transporte. Una nueva concepción de la magnitud que representa un sistema de transporte masivo de alta eficiencia y jerarquía, haría posible revertir la tendencia en el uso del automóvil y proporcionará un nivel adecuado de movilidad a las personas de escasos recursos económicos.

Este sistema deberá tener adecuada capacidad, y susceptible de

ser ampliada por inversiones adicionales , una vez que su infraestructura haya sido construida . Deberá ser flexible para aceptar mayores volúmenes si el desarrollo urbano llega a ser mayor del previsto . Si la ciudad cuenta con este sistema organizado , será menos vulnerable a los problemas de transporte.

Para suplir la capacidad que será necesaria para conducir los volúmenes de tránsito , y evitar las demoras excesivas de transporte urbano superficial , será necesario, obviamente , la expansión de la red vial dentro de los límites económicos y sin atentar contra la integridad urbana de la ciudad . En la mayoría de las grandes ciudades, que no están por cierto exentas de congestión, se dedican áreas superiores al 25% del total de la ciudad a la circulación: en las ciudades norteamericanas esa cifra es del 30 al 35% . En Maracaibo, sólo el 17% se dedica a vialidad.

2. ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIA CONVENCIONAL

AUTOBUSES

Durante mucho tiempo, el autobús ha sido usado para el transporte en áreas urbanas. Se cuenta con grandes experiencias de las diferentes variaciones que pueden generarse en este medio de transporte. Es también conocido el problema de la poca aceptación pública que este sistema de transporte ha tenido . El bus urbano ha sufrido pocos cambios, excepto en lo relativo a su apariencia física; inclusive , muchos de esos cambios han tenido consecuencias negativas en el transporte urbano. Durante muchos años, la tecnología del bus urbano no ha sido excitante y su apariencia y confortabilidad no son placenteros si se comparan con otras innovaciones que han surgido en el transporte urbano, tales como monorrieles, metros, P.R.T., etc.

Sin embargo , el autobús ha sido siempre , y todavía lo es , la alternativa más práctica del automóvil . Meyer, Kain y Wohl , en un estudio de transporte urbano realizado en 1960 , desarrollaron el

gráfico indicado en la Fig. 2 , donde relacionan el costo del viaje por pasajero al volumen de pasajeros en un determinado corredor urbano.

Normalmente, el autobús tiene los menores costos en comparación con los sistemas de rieles y los automóviles . El gráfico señala que el bus proporciona el costo menor del viaje cuando el volumen del corredor es inferior de 50.000 pasajeros por hora . En este sentido los autores citados indican que solamente muy pocas ciudades americanas tienen corredores con suficientes volúmenes de pasajeros para justificar un sistema de rieles económicamente posible.

Aceptando el criterio de que los buses es un medio muy eficiente de transporte urbano, se han desarrollado técnicas para modificar su situación existente . Hay innovaciones muy exitosas de buses trabajando como un sistema de transporte público, ya que los beneficios y su costo dependen de la forma de utilización del vehículo.

Una primera etapa en el examen de un sistema de buses debe ser la naturaleza del vehículo en sí. Las principales características de los buses es su capacidad para transportar de 9 a 90 pasajeros , el uso de las vías públicas y la gran variedad de su sistema de propulsión.

En el costo del vehículo se consideran, no solamente estos factores, sino también su facilidad de ser mantenidos, lo que puede aumentar grandemente su vida útil . El costo inicial de un sistema de buses es quizás el menor o uno de los menores elementos del costo total del sistema , especialmente en áreas de baja densidad donde se requieren bajos costos de capital . También es necesario considerar en el análisis los costos de garaje y controles de tránsito generados por el sistema para obtener una comparación con los otros modos de transporte ; sin embargo, normalmente ocurre que los costos de operación son los más importantes, dependiendo del tipo de sistema.

La flexibilidad de los buses es una de las características más importantes que deben ser tomadas en cuenta cuando se estudian sus diferentes tipos.

Con cualquiera de los autobuses que corrientemente se fabrican, es posible prestar tres tipos básicos de servicio:

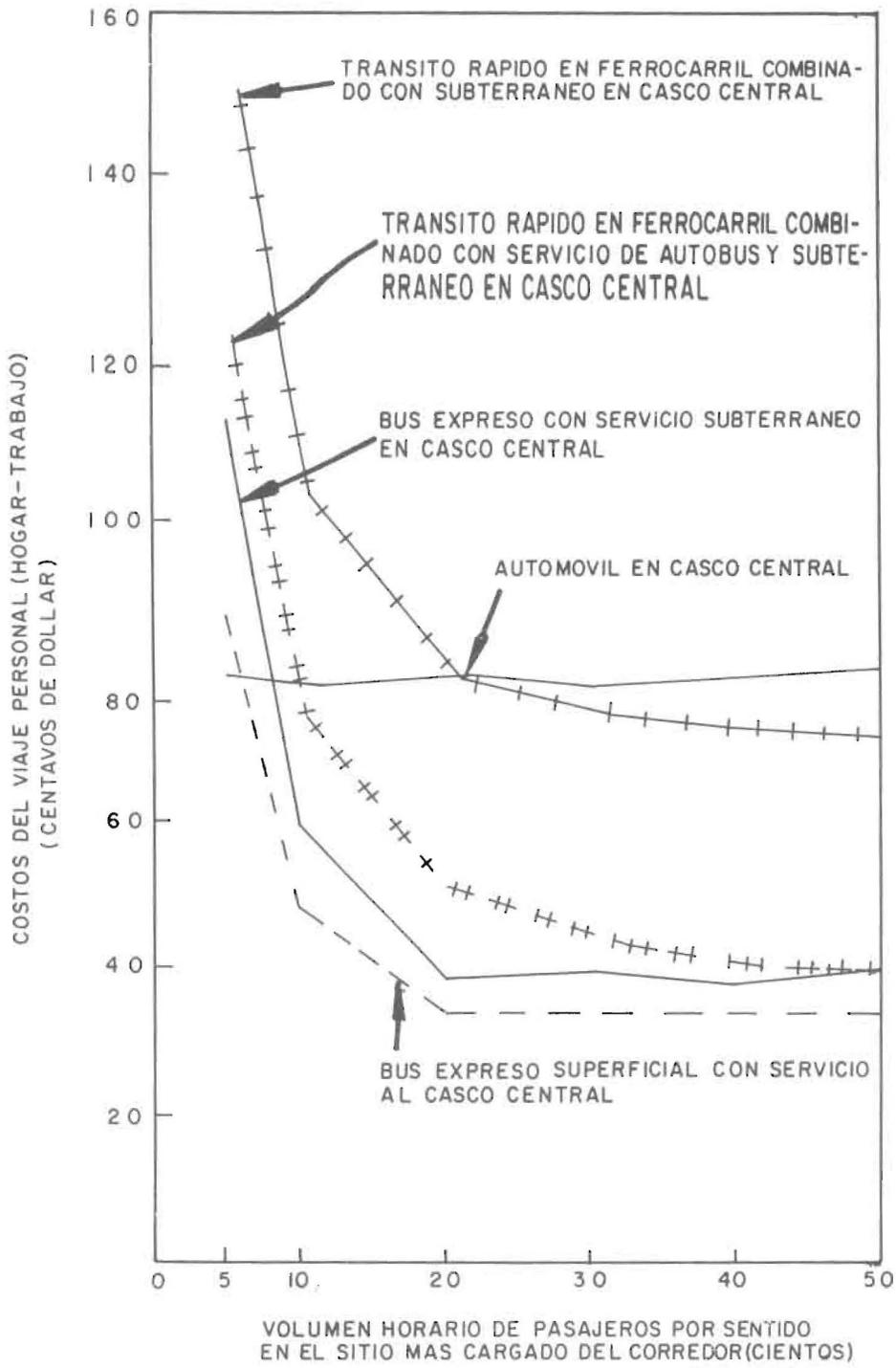


FIG. 2. COSTOS COMPARATIVOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

1. Autobuses que circulan en calles y autopistas , mezclados con el tránsito.
2. Autobuses que circulan en canales exclusivos en calles y autopistas.
3. Autobuses en su propio derecho de vía.

Los autobuses que circulan mezclados con el tránsito constituyen el tipo más común de servicio en la actualidad; básicamente consisten en autobuses que circulan por rutas previamente señaladas, deteniéndose en las paradas para recoger y descargar pasajeros . Generalmente la velocidad de circulación de los autobuses es igual o menor que la del resto del tránsito, lo cual, combinado con las frecuentes paradas, impide alcanzar altas velocidades en el recorrido y limita el atractivo de este tipo de transporte . Los esfuerzos por aumentar la velocidad mediante la inclusión de un servicio expreso o con pocas paradas , están limitados por la velocidad de circulación del tránsito mixto.

Los autobuses que circulan en canales exclusivos se han utilizado con éxito en varias ciudades , donde el número de autobuses es suficiente para ocupar el canal exclusivo la mayor parte del tiempo. Los problemas surgen cuando hay pocos autobuses en circulación y los canales no permanecen ocupados, permitiendo el uso de los mismos por vehículos particulares. La conveniencia práctica de establecer canales de uso restringido para largos trayectos , en calles y autopistas , es objeto de serios estudios en la actualidad . Cuando se demuestra que el sistema es factible para su aplicación constituye un medio atractivo para proporcionar un servicio de transporte, con muy poca inversión de capital.

Los autobuses que funcionan en su propio derecho de vía (vías de autobús) ofrecen la posibilidad más inmediata para mejorar el servicio de autobuses . Aunque hasta el presente no se ha puesto en práctica un sistema totalmente perfeccionado, varias ciudades importantes de los Estados Unidos (como Los Angeles, Atlanta y Milwaukee) están adelantando planes en este sentido . La forma más compleja de este modo de operación sería utilizando una vía a distinto nivel en la línea principal . Así los autobuses se librarían del congestionamiento.

miento de las calles públicas y autopistas aumentando su velocidad de recorrido a un nivel más competitivo. Este tipo de operación ofrece la ventaja de combinar el servicio de alimentación y distribución con el de la línea principal, reduciendo al mínimo los transbordos y permitiendo ajustar el servicio a la demanda con mayor eficiencia. Los problemas de ventilación inherentes al motor de combustión interna que actualmente se utiliza en los autobuses, hacen que los largos tramos subterráneos resulten costosos e imprácticos, por lo que las líneas deben ser a nivel o elevadas. Otras desventajas incluyen la falta de flexibilidad para la variación de las rutas y los puntos de acceso poco frecuentes.

La flexibilidad propia del autobús se presta para el desarrollo por etapas, permitiendo prestar cada vez mejor servicio sin necesidad de concluir el sistema por completo. Con una asignación limitada en cuanto a la dotación de nuevas instalaciones y equipos de transporte en la línea principal, se pueden realizar mejoras en el servicio. Posteriormente, a medida que crezca la demanda, se pueden integrar al sistema principal otros sistemas tributarios, extensiones de línea y sistemas de circulación en el Casco Urbano, sin pérdida de las inversiones anteriores.

SISTEMA DE RIELES

Bajo este nombre se incluyen todos los sistemas capaces de operar en forma de trenes, sobre una ruta fija; tales sistemas han sido ejecutados, o están en construcción y actualización en las grandes ciudades del mundo, y muchas de ellas tienen planes para comenzar su ejecución.

Parece que no hay solución, factible y razonable, para la mejora del transporte urbano en ciudades con corredores altamente densificados y con notorios incrementos de la propiedad vehicular. La congestión en las calles, originada por diversos factores, ha llegado a tales límites, que el tránsito vehicular es demasiado lento para servir en rutas de transporte público de cierta longitud. Bajo

estas condiciones, no es raro que un autobús se mueva a 10 Km/h promedio, requiriendo el usuario una hora o más para completar un viaje, sin tomar en cuenta el tiempo de espera y de caminado. Los sistemas de rieles, operando en sus propios derechos de vías (superficial, elevado o subterráneo) pueden ser ubicados con poca perturbación del medio urbano, suministrando alta capacidad y movilidad. La capacidad de estos sistemas es 15 ó 20 veces mayor que los automóviles, y 3 veces más que los buses. Sus velocidades cada día aumentan, siendo eléctricos, pueden operar sin escapes y los de diseño recientes son muy confortables.

Entre sus limitaciones principales, están las relacionadas con el costo: los costos de construcción, operación y mantenimiento, (asociados con el derecho de vía, construcción, sistemas de controles, energía, material rodante, etc.) son tan altos que los hacen prohibitivos para corredores de baja densidad, originando costos unitarios de transporte muy altos. La Fig. 3 indica la relación entre los costos por pasajeros, costos de construcción y número de usuarios: en este caso particular, es necesario un volumen de 50.000 pasajeros por día, para generar precios competitivos por pasajero, similares a los otros medios de transporte. Se indica que la óptima eficiencia de estos sistemas solo puede ser lograda cuando hay un alto potencial de volumen de pasajeros, que lo haga atractivo con otros modos, a fin de obtener el soporte público necesario. Algunos sistemas en operación en ciudades americanas con alta capacidad instalada, sólo llevan una pequeña fracción de ella; son notorios los problemas originados debido a la falta de pasajeros, aun en las horas pico en estos casos.

Otra limitación es la referente a su velocidad. Aun cuando ésta puede alcanzar 120 Km/h o más, la velocidad efectiva, incluyendo las paradas en las estaciones, es mucho menor. La Fig. 4 indica que la velocidad efectiva es casi independiente de la velocidad máxima posible para espacio entre estaciones menores de una milla (1.6 Km). También es necesario estaciones frecuentes y no muy separadas para facilitar el acceso en áreas densas. La Fig. 5 muestra que existe un distanciamiento óptimo entre estaciones, considerando el tiempo del

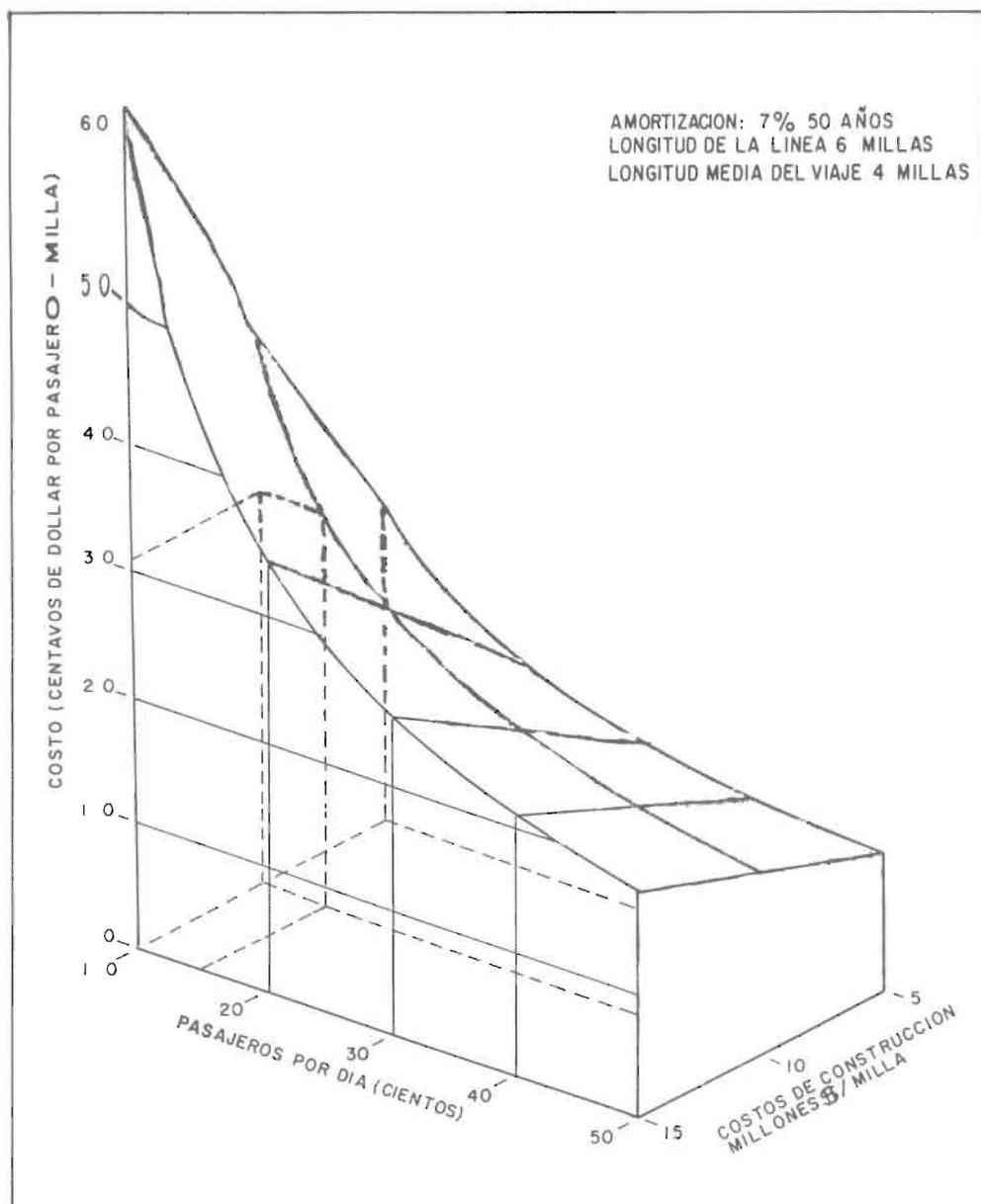


FIG.3. RELACION ENTRE COSTOS DE CONSTRUCCION, Nº DE PASAJEROS Y COSTO POR PASAJERO

FUENTE : ALAN M. VOORHEES & ASSOCIATES, INC., "A LONG RANGE VIEW OF TRANSIT IN NASHVILLE,"
MC LEAN, VIRGINIA: NASHVILLE METROPOLITAN TRANSIT. AUTHORITY SEPTEMBER 1970

pasajero para el acceso al viaje , y el tiempo del pasajero en el sistema . Como situación práctica , una velocidad efectiva de 50 a 70 Km/h son las normalmente obtenidas. Esta velocidad es competitiva con el automóvil en horas pico, pero no en las horas no pico, donde además debe aumentarse el tiempo para efectuar el viaje , el tiempo de acceso a la estación y el tiempo de espera comunes en estos sistemas.

3. NUEVA TECNOLOGIA

Las investigaciones tecnológicas actuales en materia de sistemas de transporte pueden agruparse en dos tendencias principales : hacia los sistemas constituidos por vehículos grandes , destinados a funcionar como los convencionales en muchos sentidos, pero con mejoras en el funcionamiento y reducciones de costos, y hacia los sistemas de vehículos pequeños destinados a ofrecer un servicio personal parecido al del automóvil, estando todo el sistema o parte del mismo bajo control automático . Aunque muchos de los sistemas constituidos por vehículos grandes están diseñados para el servicio interregional , se presentan y se describen varios de ellos que pueden servir para el transporte intrarregional. Estos incluyen los siguientes:

1. Autobuses en autopistas reguladas.
2. Bus - riel.
3. Autobús a domicilio.
4. Transporte Expreso Westinghouse (Skybus).
5. Sistema de Monorriel.
6. Tubo al vacío por gravedad.
7. Aerotren.

Otros sistemas de vehículos grandes han sido ideados o se encuentran en proceso de desarrollo , pero ninguno de ellos ofrece características de funcionamiento significativamente diferentes a las del sistema común de transporte rápido sobre rieles. Las restricciones impuestas en el tiempo de servicio por el uso de vehículos gran-

VELOCIDAD EFECTIVA VERSUS SEPARACION ENTRE ESTACIONES

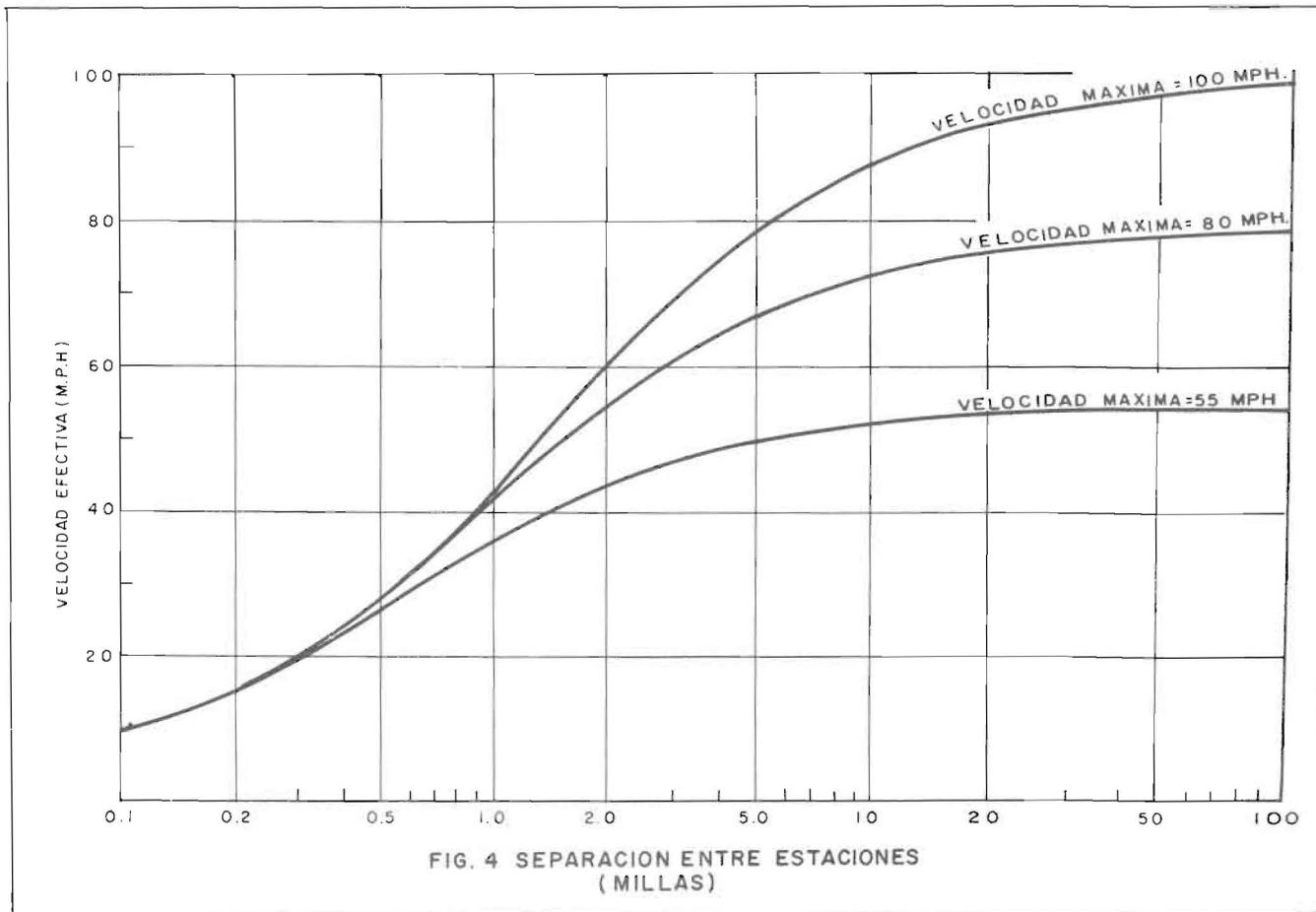


FIG. 4 SEPARACION ENTRE ESTACIONES (MILLAS)

FUENTE: ALAN M. VOORHEES & ASSOCIATES, INC., 'TECHNICAL REPORT NUMBER ONE SCREENING AND EVALUATION OF PUBLIC TRANSIT VEHICLE SYSTEMS, 'MCLEAN, VIRGINIA: TWIN CITIES AREA METROPOLITAN TRANSIT COMMISSION, FEBRUARY 1970

TIEMPO DE VIAJE DEL USUARIO EN FUNCION DE LA SEPARACION ENTRE ESTACIONES

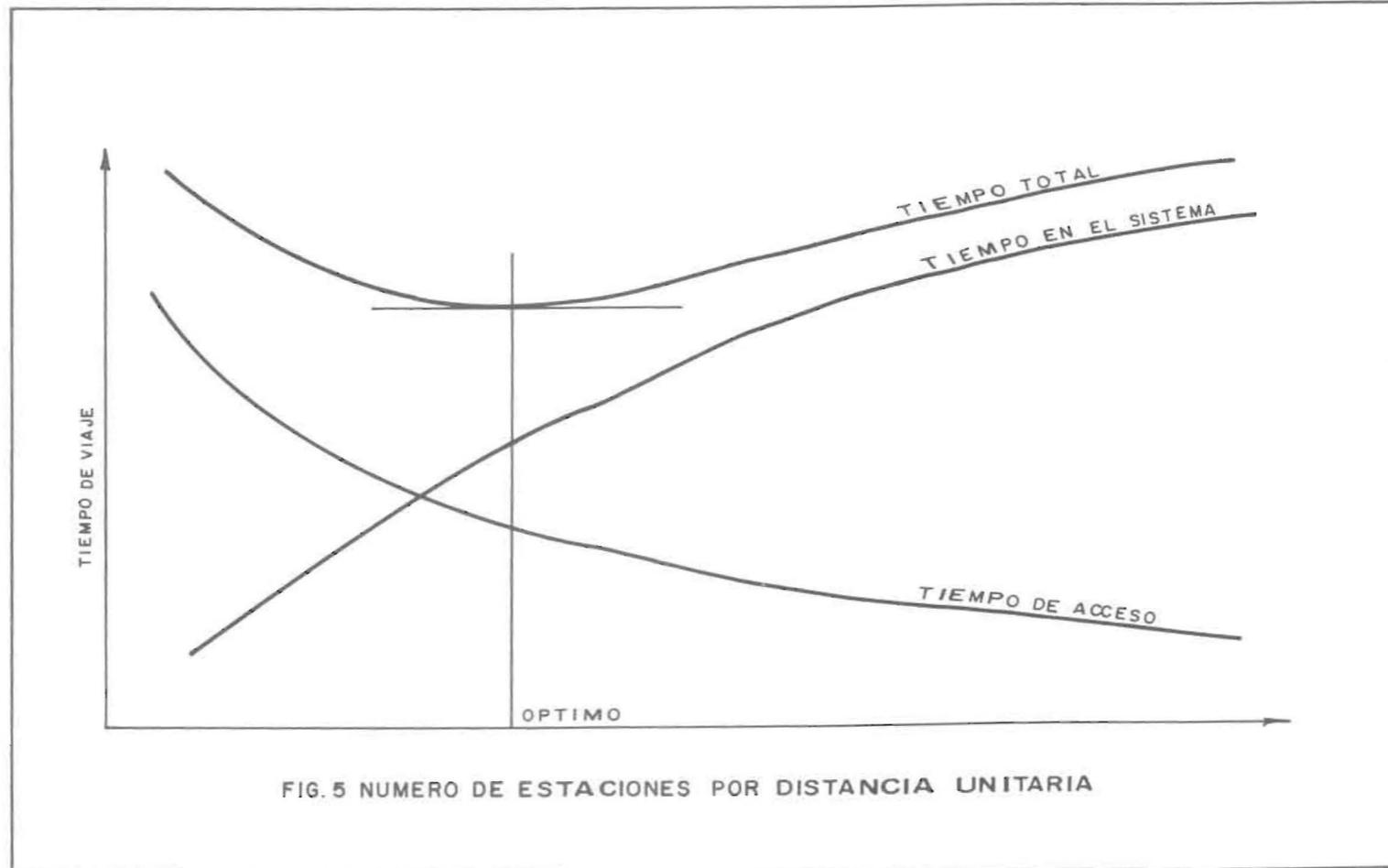


FIG. 5 NUMERO DE ESTACIONES POR DISTANCIA UNITARIA

FUENTE: ALAN M. VOORHEES ASSOCIATES, INC., TECHNICAL REPORT NUMBER ONE SCREENING AND EVALUATION OF PUBLIC TRANSIT VEHICLE SYSTEMS, MCLEAN, VIRGINIA: TWIN CITIES AREA METROPOLITAN TRANSIT COMMISSION. FEBRUARY 1970

des que circulan en una vía fija , limitan las diferencias a ciertas variaciones en la tecnología de apoyo , control y propulsión . Hasta la fecha , ninguno de los otros sistemas ha presentado ventajas considerables en estos aspectos.

Otro sistema con derecho de vía exclusivo, es el que está constituido por vehículos pequeños con la posibilidad de no parar en las estaciones intermedias , es decir, que hace viajes directos entre el origen y el destino. Este tipo de servicio resolvería el problema de las limitaciones de la velocidad debidas a las frecuentes paradas. El promedio de velocidad de marcha dependería más de las características de velocidad máxima del sistema, y teóricamente permitiría duplicar la velocidad en el recorrido.

Quienes proponen sistemas de transporte con vehículos pequeños, señalan numerosas ventajas sobre los sistemas convencionales de transporte rápido, incluyendo las siguientes:

1. Posibilidad de prestar un servicio de transporte rápido y sin paradas, por lo cual estos sistemas pueden competir con el automóvil particular como principal medio de transporte.
2. Estructura liviana, de secciones transversales pequeñas que permite un diseño agradable a la vista y menos molesto para las residencias y establecimientos comerciales.
3. Menores inversiones de capital, debido a la estructura liviana y a las secciones transversales pequeñas.
4. Menores costos de operación , debido al funcionamiento automático.
5. Vehículos individualizados, cuya comodidad podría igualar la del automóvil particular.

En contraste con estas ventajas potenciales hay varios aspectos problemáticos, entre los cuales se destacan los siguientes:

1. Tasa de ocupación de los vehículos.
2. Capacidad del sistema.
3. Adelantos tecnológicos.
4. Implantación del sistema.

Aunque no son apropiados para su uso extensivo , estos sistemas de vehículos pequeños ofrecen una solución como sistema de distribu-

ción para los centros de gran actividad , tales como cascos centrales, universidades, etc. Existen varios sistemas que ya están bastante perfeccionados , cuya aplicación práctica puede ser factible. Estos incluyen los siguientes.

1. Sistema de Morgantown
2. "Dashaveyor"
3. "Monocab"
4. Activity Center
5. Transivator
6. "Hovair"
7. "Conveyor"
8. "Uniflow"

Aunque estos sistemas difieren entre sí en cuanto a los métodos de propulsión, de apoyo y de control, sus características de funcionamiento y de servicio son básicamente similares. Es posible que uno de estos sistemas pueda utilizarse en Maracaibo , en la Ciudad Universitaria o en el casco urbano , prestando un servicio de distribución en cortos trayectos , y que posteriormente podría servir como sistema alimentador o auxiliar de una red más completa de transporte urbano.