

ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE CAPACIDAD INTERMEDIA: METROS LIGEROS Y AUTOBUSES RÁPIDOS (BRT): APROXIMACIÓN AL PROBLEMA DESDE EL ESTUDIO DE CASOS.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público urbano de capacidad intermedia (metro ligero o autobuses de plataforma reservada) se caracteriza por usar la propia vía pública de las ciudades como soporte para realizar su objetivo, a diferencia del metro o de los sistemas elevados, que en buena parte son independientes de las vías urbanas. El comportamiento, la aceptación y el éxito de estos sistemas de transporte, dependen de las características en el ámbito económico, social, político y urbano de la ciudad en la que se encuentran implementados. El objetivo de este trabajo es caracterizar y comparar las experiencias de sistemas de transporte de capacidad intermedia que se han explotado en Europa (caso metro ligero) y en algunos países de América Latina (caso autobuses con plataforma reservada) y poder llegar a conclusiones que permitan obtener una visión más amplia de cual podría ser la mejor opción entre estos dos sistemas, analizando las ventajas e inconvenientes, fortalezas y debilidades, de cada uno de ellos.

2. SISTEMAS DE TRANSPORTE COLECTIVO

Es preciso considerar que hay tres categorías básicas que reflejan el grado de independencia de la infraestructura de un sistema de transporte colectivo (MPTM, 1995):

- Categoría A, o infraestructura completamente controlada, que tiene la plataforma para el transporte colectivo completamente independiente, sin cruces a nivel de vehículos y personas.
- Categoría B, o infraestructuras parcialmente controlada, que comprenden los casos en la cuales el transporte colectivo esta separado físicamente del resto del trafico (por bordillos, barreras especiales o vallas, entre otros) pero con cruce a nivel con vehículos y peatones, incluyendo intersecciones.
- Categoría C, o infraestructura no controlada, que se refiere a vías publicas en las cuales el transporte colectivo esta mezclado con el resto del tráfico, y por lo tanto no puede alcanzar velocidades superiores a este.

3. SISTEMAS DE TRANSPORTE DE CAPACIDAD INTERMEDIA

También llamados sistemas de media capacidad o de nivel B, son modos de transporte público que utilizan en su mayoría plataforma reservada (infraestructura de nivel B), aunque en ciertos tramos pueden existir en conjunto con infraestructuras de nivel A (tramos elevados o en túnel) o de nivel C (tramos donde se mezclan con el tráfico viario). Son sistemas semi-rápidos que pueden alcanzar velocidades comerciales de 20 km/h en hora punta, alcanzando y superando la velocidad del vehículo privado.

Los sistemas de capacidad intermedia surgen como un modo de transporte colectivo moderno y atractivo para el usuario, en respuesta a los problemas de movilidad en ciudades cuyos volúmenes de demanda no pueden ser satisfechos en condiciones aceptables por los sistemas de transportes de superficies convencionales (autobús, tranvías) y que no justifican las elevadas inversiones de un sistema de infraestructura totalmente independiente (metro o ferrocarril).

3.1 Tranvía moderno o Metro ligero

El antiguo tranvía no contaba con una plataforma reservada, especialmente en el centro de la ciudad, por lo que compartía la vía con el resto de modos de transporte. Seguramente esa fue una de las razones por las cuales los tranvías fueron desapareciendo de las ciudades para dar cabida a las redes de bus urbano que limpiaron fachadas y calles de vías, hierros, tensores, cables, chispazos, etc.

Algo muy distinto a los metros ligeros (también llamados en la literatura existente tranvías modernos) que circulan hoy por muchas ciudades de Europa y del mundo, unidades silenciosas, amplias, largas, que mejoran muy notablemente la comodidad y prestaciones, que discurren por plataforma reservada, que reurbanizan las calles y la ciudad a su paso, que crean calidad de vida, que dejan de tener paradas cada pocos metros para situar sus estaciones cada 500 ó 600 metros y así ampliar su radio de acción y velocidad comercial mejorando su efectividad respecto a las antiguas unidades y la antigua concepción de este medio de transporte.

Otra forma de definir el metro ligero es: modo de transporte ferroviario de tracción eléctrica, típicamente urbano y suburbano, constituido por una flota de vehículos con conductor que operan fundamentalmente en plataforma reservada, pero con interferencias puntuales con el resto del tráfico de vehículos y peatones en cruces a nivel. Su capacidad, coste y calidad de servicio, se sitúan entre las del autobús y el metro convencional, con un amplio rango de posibilidades. Así mismo, este modo de transporte se caracteriza por una gran flexibilidad, admitiendo pendientes y radios de curvaturas que le permiten integrarse en los desarrollos urbanos existentes.

3.1.1 Capacidad del metro ligero

La capacidad de transporte de los metros ligeros se mide entre 2.500 y 20.000 viajeros por hora y sentido. Las frecuencias, o intervalos entre vehículos, que son aplicadas habitualmente, se sitúan entre 2 y 7 minutos. La velocidad media comercial está entre 18 y 25 km/h dependiendo del porcentaje de plataforma reservada existente en el sistema. Esta velocidad es superior a la del autobús convencional que suele tener velocidades entre 12 y 16 km/h, e inferior al metro pesado que alcanza los 40 km/h de media. La capacidad de transporte de cada vehículo varía entre 100 y 300 personas, capacidad que se puede incrementar dado que estos vehículos presentan la posibilidad de circular en composiciones múltiples.

3.1.2 El metro ligero para los países miembros de la Comunidad Europea

En Estados miembros de la Unión Europea, como Francia, España, Portugal y Reino Unido, que habían abandonado el tranvía en la década de 1960 debido a la increíble política de dejar más espacio al automóvil, está empezando a generalizarse la vuelta al tranvía. Surge más como líneas alimentadoras transversales o radiales en la periferia de las grandes ciudades, o como sistema troncal en ciudades intermedias. En los actuales sistemas integrados de transporte urbano, con desplazamientos a pie, en bicicleta, en tranvía, en metro, en autobús, etc, el tranvía representa el transporte motorizado más ecológico, se considera que un tranvía equivale a 3 ó 4 autobuses.

Tendencias

Los nuevos vehículos son más atractivos en su exterior, en cuyo diseño prima el concepto de integración con el entorno urbano. En el interior, la ergonomía y la movilidad a todo lo largo de la unidad, son las claves. En el caso de los tranvías la responsabilidad es del material rodante que cuenta con zonas de piso bajo, en algunos casos toda su superficie y en el de los metros de los constructores de la obra civil que han de dar acceso al tren desde la calle.

En torno a esta tendencia se construyen y se explotan proyectos en Europa y América Latina, como Tranvía Valencia (España) teniendo una capacidad alcanzable 6.000 viajeros días, Tranvía Barcelona (España) teniendo en el año 2005 una movilidad de 12.821.599 viajeros año, Rouen (Paris) con sus dos líneas de metro ligero en conjunto supone 15.1 km. de vía y al llegar al casco pasa de circular en superficie a circular bajo tierra durante 1.7 km, durante el año 2005 se realizaron un promedio de 15 millones de viajes, entre otros.

En América Latina existen dos casos de tranvías o trenes eléctricos, como es el caso de México, en la ciudad de Guadalajara (SITEUR), con una red de 24 km. de extensión, 29 estaciones y una movilidad de 50 millones de viajero año. Buenos Aires con el Premetro que tiene construido 7 km. de vías, 16 estaciones y transporta 2.800.000 de viajeros anuales.

3.2 Transporte rápido de capacidad intermedia en autobuses o Bus Rapid Transit (BRT)

Modo de transporte rápido, flexible ante la demanda, con desplazamiento sobre ruedas neumáticas y con alguna forma de prioridad sobre los demás vehículos en la parte de plataforma que comparte con el resto de circulaciones, que engloba plataformas, vehículos, estaciones y Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en un sistema integrado con una fuerte identidad global y un claro enfoque hacia el cliente.

Por lo general este tipo de sistemas tienen al igual que el metro ligero una categoría de infraestructura B, suelen implicar en la mayoría de su recorrido el uso de plataformas reservadas, la plataforma está segregada del resto del tráfico excepto en los cruces a nivel con otras vías de circulación donde es compartida aunque se suele dar prioridad a este tipo de autobuses.

Experiencias con este tipo de sistemas han comenzado su desarrollo y han alcanzado su máximo auge en América Latina fundamentalmente, aunque cada vez es mayor el número de ejemplos en otras zonas: Sudeste asiático (China, Tailandia y Japón), Norte América (Canadá, Estados Unidos y Méjico), Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) y Europa (Suecia, Francia y Gran Bretaña).

3.2.1 Capacidad del BTR

Una de las dificultades que tenían los sistemas de autobuses era que sus vehículos eran autobuses estándar lo que hacía que la capacidad por vehículo fuera muy baja (max. 70 viajeros por vehículo), esto se solucionó con el empleo de autobuses articulados y biarticulados que posibilitan transportar hasta 180 viajeros por vehículo. Como la frecuencia de paso de este tipo de vehículos puede ser de hasta 40 segundos, esto posibilita que en corredores puntuales de la red se puedan alcanzar capacidades de hasta 12.000 viajeros por hora y sentido. En algunas experiencias de BRT en América Latina (Transmilenio y São Paulo) la red mueve hasta 36.000 viajeros en la hora punta, alcanzando niveles de demanda característicos de sistemas de transporte masivos. La velocidad media de operación (incluyendo las paradas de recogida y descenso de viajeros) suele estar entre 17 y 25 km/h, aunque depende mucho del porcentaje de plataforma reservada y de si se circula por el centro de una ciudad o por barrios periféricos.

3.2.2 Los Autobuses de capacidad intermedia en América Latina

Las administraciones locales de América Latina al igual que las del resto de continentes en el mundo comienzan a verse acosadas por el problema de la congestión y del desarrollo urbano incontrolado en las grandes ciudades. Ante esta situación las autoridades se ven obligadas a buscar formas de revertir esta situación,

de tal forma que recuperen la capacidad de dar forma al crecimiento de la ciudad y de controlar el tráfico. Para ello la solución que parece mejor es reducir la dependencia de los vehículos privados mediante la oferta de servicios de transporte urbano de gran calidad y eficiencia. Mientras que en Europa la opción del modo de transporte que consiga esto se orienta más hacia los metros y metros ligeros, la situación económica de América Latina de falta de fondos y formas de financiación hace que busquen sistemas con costes de inversión inferiores pero con parecidos niveles de servicio, así surgen los sistemas de autobuses de capacidad intermedia.

Este tipo de sistemas comenzaron a implantarse en América Latina aunque están sufriendo una importante expansión por el resto del mundo, aunque no todo lo fuerte que debiera quizás debido a que el hecho de estar basado en autobuses haga que tanto las autoridades encargadas del transporte como los ciudadanos de países desarrollados (América del Norte y Europa) los conciben como sistemas con unos niveles de servicio muy inferiores a los de tecnología ferroviaria, sin ser ello cierto.

Tendencias

Entre los sistemas desarrollados destacan los de guiado óptico y mecánico. Este tipo de vehículos están dotados de sistemas que les permite comprobar que se sigue la trayectoria correcta y corregir los posibles fallos. Unas barreras de guiados laterales sirven para evitar que se pierda la trayectoria, evitan principalmente la salida de la zona, más que el guiado propiamente dicho.

Hay ciudades tanto en Europa que han optado por este modo de sistema, autobús: Rouen con la red de TEOR (transporte Este – Oeste de Rouen) de autobuses con un sistema de guiado óptico de gran precisión, el cual mediante una cámara de video situada en la luna delantera supervisa a través de un ordenador que el autobús sigue la trayectoria adecuada por medio del seguimiento de dos líneas paralelas discontinuas dibujada sobre la calzada. Estocolmo, tiene una extensa red de metro (T-bana) de 108 km, 215 paradas a lo largo de las 4 líneas que están en funcionamiento y para el año 1999 la línea 1, 2 y 3 tuvieron una movilidad de 36.000, 37.000 y 63.000 viajeros años respectivamente, la capital de Suecia tiene probablemente uno de los mejores sistemas de transporte público de Europa.

4. ESTUDIO DE CASO: METROS LIGEROS

4.1 Barcelona

El tranvía cuenta con 2 redes, el **Trambaix**, formado por tres líneas se pone en servicio en abril de 2004, y el **Trambesós**, formado por dos líneas, empezó a circular en mayo de 2004. Ambos sistemas tienen plataforma reservada, excepto en los cruces, y prioridad semafórica. Su ancho de vía es 1.435 mm. Se invirtieron 246 y 205 M€ respectivamente.

Ha sido la primera línea de tranvía en concesión al sector privado en España. Para su financiación la Administración hace la aportación inicial. Se crea una Tarifa Técnica = (canon + costes de explotación + beneficios) entre número de viajeros, que se revisa anualmente.

La frecuencia de paso en el Trambaix en hora punta es de 15 minutos en cada una de las líneas, lo que trae consigo que en el tronco común se obtenga un paso de vehículos cada 5 minutos. La velocidad comercial del Trambesós es de 19 km/h, mientras que en el Trambaix disminuye hasta el 16,5 km/h debido a la baja velocidad de circulación por la Diagonal.

El número de accidentes circulatorios en los primeros meses de circulación ha sido muy elevado, situación que va mejorando con el paso del tiempo y la adaptación a la circulación del vehículo privado en estos recorridos. En sus 2 primeros años de implantación han logrado transportar más de 27 millones de personas.

4.2 Paris

El trazado de la red de tranvías circula por los departamentos de la primera corona que rodea París. En la actualidad, sólo existen dos líneas de tranvía en funcionamiento en la región de Île-de-France y ambos trazados discurren por las afueras de la ciudad de París:

- La línea T1 que une Saint-Denis y Noisy-le-Sec, al norte de Paris.
- La línea T2 o Trans Val-de-Seine une la Défense con Issy-les-Moulineaux, al oeste de París.

Sin embargo, además de la ampliación de las líneas T1 y T2 está prevista la creación de varias líneas más en la zona sur de la corona periférica de París. Se estima que esta red transportaría cerca de 500.000 viajeros /día y su coste global ascendería a 1.500 millones de euros. Estos tranvías tienen una longitud de 29 m y una capacidad de 178 viajeros.

La línea presenta una distancia media entre estaciones de 440 m y discurre, en la mayor parte de su trazado, sobre plataforma reservada, lo que permite ofrecer un servicio con una regularidad excepcional. La línea T1 ofrece una velocidad comercial de 20 km/h y una frecuencia de servicios en hora punta de 4 minutos. Para atender esta franja horaria dispone de 16 vehículos. Con esta oferta registra de media 78.971 viajes diarios y en el año 2004 se transportaron un total de 27.559.321 viajeros.

4.3 Londres

El metro ligero de Croydon (Tramlink) está situado al sur de Londres. El creciente aumento de la movilidad motorizada en esta parte de Londres, propició la construcción de este medio de transporte con el fin de reducir el transporte privado y la congestión de esta zona. La inversión realizada fue de unos 290 millones de euros (200 millones de Libras).

El metro ligero de Croydon funciona sobre una plataforma reservada en algunos tramos y de manera totalmente compartida, con el resto de los modos de transporte, en otras zonas (Núcleos urbanos consolidados), teniendo la peculiaridad de transcurrir por calles muy estrechas en el núcleo de Croydon favoreciendo, por tanto, el acceso de gran parte de la población al tranvía.

La longitud total del sistema es de 28 km. con un total de 39 estaciones de 32,2 metros de largo y 350 mm. de altura sobre la vía. la velocidad comercial ronda los 20 km/h. Aproximadamente, 22 millones de pasajeros utilizan al año este medio de transporte, unos 60.000 viajeros al día. Las frecuencias son muy variables dependiendo de los días y de la hora que se trate. La frecuencia máxima es de 7 minutos durante el día en la línea 3 y la mínima es de 30 minutos en las líneas 1 y 2 en las horas valle.

5. ESTUDIO DE CASO: BRT's

5.1 Curitiba (Brasil)

La circulación por la ciudad es rápida y segura, garantizada por un sistema de vías con tres carriles, con vías exclusivas para el transporte colectivo. Curitiba tiene el más eficiente sistema de transporte colectivo del país, con los populares autobuses "ligerinhos", las estaciones tubo y los biarticulados que transportan 270 pasajeros.

Son cerca de 72 km de vías exclusivas, con líneas integradas que permiten varios trayectos con un único billete. Implantado en los años 70 con la preocupación de privilegiar el transporte masivo, el sistema es reconocido por tener un bajo coste operacional y un servicio de calidad.

En este Sistema quien recorre trayectos largos, lo que es más común entre la población de menor poder adquisitivo, es subsidiado por aquellos que realizan recorridos menores. Se calcula que diariamente el 80% de los usuarios son beneficiados por la integración.

Actualmente la Red opera con 1877 autobuses, realizando cerca de 21 mil viajes por día, en un total de 316 mil km cada 24 horas. Cerca de 1,9 millones de pasajeros son transportados diariamente, con un grado de satisfacción del 89% de los usuarios. La grande diferencia del transporte de Curitiba es disponer de tarifa integrada, permitiendo desplazamientos por toda la ciudad pagando apenas un pasaje.

5.2 Bogotá (Colombia)

"Transmilenio es un sistema de transporte masivo, que responde a la necesidad de ordenar el transporte público en la ciudad de Bogotá, al tiempo que ofrece una alternativa integral de desarrollo urbano. El sistema es administrado por la empresa Transmilenio S.A." (www.idu.gov.co). Transmilenio está compuesto por autobuses articulados con plataforma reservada y otros autobuses llamados alimentadores los cuales toman a los usuarios desde sectores alejados del propio sistema y los llevan a las estaciones principales.

Dentro del plan de desarrollo de Bogotá, se destinaron cerca de \$743 mil millones de pesos de 1998 al sistema de transporte masivo automotor para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros que será gestionado por la sociedad Transmilenio.

Esta red de corredores principales es complementada por rutas secundarias (alimentadoras) operadas con buses de menor capacidad. Los corredores tienen puntos de parada fijos, los cuales están situados en distancias que oscilan en un intervalo alrededor de los 675 metros. Cada uno de los carriles de transporte público tiene un ancho de 3.5 metros, y el separador central tiene alrededor de 5 metros de ancho cuando está soportando la estación.

El tráfico mixto está separado de los carriles de transporte público por una barrera baja, que consiste en un elemento prefabricado que se instala al realizar la repavimentación de la vía. Este elemento permite el paso de buses de Transmilenio hacia los carriles de tráfico mixto fácilmente, pero hace difícil para un vehículo particular la invasión de los carriles de transporte público masivo. La velocidad comercial ronda los 29 km/hr. Los vehículos biarticulados tienen una capacidad de entre 160 y 250 personas. En hora punta consigue transportar 121.000 pasajeros.

5.3 Quito (Ecuador)

El Sistema Integrado se corresponde con el llamado Metrobús Q, conformando corredores de gran capacidad mediante autobuses y trolebuses circulando en carriles exclusivos o con plataforma reservada con una mayor oferta de servicio. La justificación de la implantación de este sistema de transporte viene dada, principalmente, por la existencia previa de un sistema de transporte (El Sistema Convencional) ineficiente que no cubría las necesidades del Distrito Metropolitano de Quito, con un alto grado de contaminación y con una balanza de la ocupación vial absolutamente dirigida al transporte privado.

La inversión realizada fue de unos 60 millones de euros y el plazo de ejecución fue de unos dos años hasta la puesta de servicio en 1995. Sin embargo los estudios de planificación se iniciaron a principio de la década de los 90. El tipo de plataforma presenta carriles exclusivos de 3,5 metros de ancho en la parte troncal del sistema, que alcanzan los 3,65 metros en los nuevos tramos construidos. Generalmente, esta plataforma se sitúa, bien en los laterales de las calles, bien en doble vía por la parte central de la calzada, según las características de la trama urbana en cada zona.

En cuanto a las estaciones, existen las llamadas estaciones de transferencia, ubicadas en los extremos del sistema donde se transborda desde las rutas alimentadoras al eje troncal o al revés. El sistema cuenta con tarifas únicas e integradas que permiten viajar desde el eje troncal hasta las rutas alimentadoras. La validación del billete se realiza antes de acceder al vehículo permitiendo así al viajero el acceso a la zona de embarque.

La velocidad comercial del sistema ronda los 15-20 km/hr con una capacidad de 14.000-20.000 viajeros por hora y sentido sumando aproximadamente unos 370.000 viajeros al día de promedio. En hora punta, los autobuses tienen una capacidad de 184 pasajeros.

6. ANÁLISI DAFO

El DAFO es una herramienta simple y generalizada que facilita la toma de decisiones estratégicas. Consiste en la recopilación en forma de matriz de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de un determinado sistema que se pretende evaluar.

Se entiende por:

- **Debilidad:** Posición desfavorable del sistema de transporte que se quiere evaluar (metro ligero o autobús de capacidad intermedia).
- **Amenaza:** Posición desfavorable del sistema en un posible escenario futuro.
- **Fortaleza:** Posición favorable del sistema.
- **Oportunidad:** Posición favorable del sistema en un posible escenario futuro.

Esta matriz puede servir de base para el planteamiento de estrategias de cara a explotar al máximo las fortalezas y oportunidades del sistema y minimizar las debilidades y amenazas.

<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Integración urbana • Atracción urbanística y de inversiones • Capacidad adecuada • Mejora de la velocidad comercial • Fiabilidad • Mejora de la accesibilidad • Novedad (imagen visual) • Impacto ambiental • Vida útil 	<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Atracción de nuevos inversores • Calidad de vida y revalorización económica • Cambio de distribución modal • Contribución al medio ambiente • Adaptabilidad a otras redes FFCC
<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Tiempos de implantación • Rigidez del trazado • Gran inversión inicial • Impacto visual 	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Mayor riesgo e incertidumbre de recuperación de la inversión • Concesiones privadas • Especulación urbanística • Intereses políticos • Riesgos tecnológicos • Vida útil

Tabla 1. Análisis DAFO de Metros Ligeros

<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Aprovechamiento y optimización del sistema de autobuses preexistente • Capacidad de atracción de demanda • Mejora de los parámetros de servicio • Menor inversión inicial requerida • Flexibilidad • Mejoras de accesibilidad • Potenciación de la red de transporte público • Sistema con imagen propia • Reducción del impacto ambiental 	<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Reordenación administrativa • Ampliación de la red • Cambios en la distribución modal • Beneficios externos • Solución rápida a corto plazo • Reducción de impactos ambientales
<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Necesidad de espacio para plataforma • Obras • Estimación de la demanda • Peligro de formar líneas aisladas y no redes • Problema de imagen 	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reordenación urbana • Inadecuada previsión de demanda • Problemas de explotación • Falta de accesibilidad • Imagen preestablecida

Tabla 2. Análisis DAFO de Buses de Capacidad Intermedia

6.1 Comparación

Las diferencias se han clasificado de acuerdo a tres categorías: Diferencias en infraestructura y material móvil requerido, Diferencias en la operación y Diferencias en las consecuencias derivadas.

6.1.1 Diferencias en infraestructura y material móvil requerido

Plataforma y Estaciones

Ambos sistemas suelen incorporar a lo largo de la mayor parte de su recorrido plataforma de categoría B, esto quiere decir que el material móvil se desplaza por una plataforma de uso exclusivo salvo en los cruces con otras vías de circulación

transversales, donde es compartida. Aún así, en ocasiones, estos sistemas pueden tener en ciertos tramos o en todo su recorrido una plataforma de categoría diferente. Los sistemas de metro ligero tienen en ocasiones categoría A (plataforma compartida con el resto del tráfico), cuando no es posible dotarlos de un carril por falta de espacio en la calzada, o categoría C (plataforma exclusiva con cruces a distinto nivel con otras vías de circulación) cuando a las vías de cruce la prioridad del metro ligero las puede afectar de tal manera que queden colapsadas. En el caso de los sistemas BRT (autobuses rápidos de capacidad intermedia), estos pueden tener plataforma de categoría A en parte de sus tramos.

Tipo De Rodadura Y Guiado Del Material Móvil

Mientras que los sistemas de metro ligero están guiados debido a la existencia de los carriles que confinan los trenes dentro de un espacio controlado, los sistemas de autobuses, debido a que su rodadura es de tipo neumática, no lo están. Esto hace que los gálibos y por tanto las anchuras de calzadas requeridas sean superiores en el caso de los autobuses (4-5 metros por carril), y que por tanto sea más difícil encontrar superficie para dedicar carriles a este tipo de sistemas. Ante esta situación se ha intentado en los últimos años desarrollar sistemas de guiado, de tipo mecánico y óptico, para algunos autobuses con plataforma reservada, pero son todavía casos aislados y de tecnología cautiva (desarrollada únicamente por una o dos empresas).

Capacidad Por Vehículo

Tanto los sistemas de autobuses rápidos (cuando son biarticulados) como los de metro ligero tienen capacidades similares por unidad de tránsito (UT, cada una de las unidades que componen el vehículo que podrían circular de forma autónoma), en el entorno de los 180 viajeros/UT. Como los trenes ligeros tiene la posibilidad de asociar entre 2 y 4 unidades de tránsito en un único tren, esto permite que la capacidad por vehículo pueda llegar a ser de hasta 720 viajeros frente a los 180 viajeros de capacidad máxima de los autobuses.

6.1.2 Diferencias en la operación

Las redes tradicionales de autobuses son redes extensivas, esto supone una gran cantidad de líneas, con muchas paradas y baja velocidad comercial. Cuando evolucionan hacia sistemas de metro ligero la red pasa de ser extensiva a intensiva, las antiguas líneas de autobuses se agrupan en sus tramos comunes para formar una línea troncal con estaciones de trasbordo donde se conectan las antiguas líneas de autobús que acortan sus recorridos y funcionan como líneas alimentadoras de la troncal desde aquellos puntos de bajo nivel de demanda. Las redes elegidas para los sistemas BRT pueden ser tanto intensivas como extensivas, no obstante, de las experiencias existentes se deduce que, comúnmente, funcionan mejor cuando la estructura es extensiva.

En lo referente a frecuencia, debido a la mayor capacidad del material móvil de metro ligero, esta será menor en este tipo de sistemas frente a los BRT para una demanda determinada, con lo que estos últimos ofrecen mejores niveles de servicio en cuanto a tiempo de espera en estaciones se refiere. La frecuencia no puede aumentarse todo lo que se quiera, hay que dejar una distancia (y por tanto un tiempo) de seguridad entre vehículos consecutivos. En el caso de los sistemas BRT este tiempo puede ser de hasta 40 segundos (caso de Transmilenio), mientras que para los sistemas de metro ligero el periodo mínimo entre vehículos suele estar en el entorno de los 3 minutos.

6.1.3 Diferencias en las consecuencias derivadas

La consideración de las repercusiones que tienen este tipo de actuaciones son fundamentales, ya que si están mal planificadas, las secuelas derivadas pueden ser muy dañinas para el entramado urbano y difícilmente corregibles.

Consecuencias Sociales y Urbanas:

- Cambio en la distribución modal del transporte urbano.
- Migración de usuarios de otros modos de transporte hacia la nueva red de transporte público
- El porcentaje de usuarios desplazados dependerá en parte de la imagen que tengan los ciudadanos del nuevo sistema.
- Atracción de inversiones alrededor de los corredores de transporte, que constituyen los nuevos polos de crecimiento de la ciudad.
- Las ciudades que deciden implantar un sistema de metro ligero consiguen un mayor crecimiento en la zona de influencia que los sistemas de BRT.

Consecuencias Económicas

- La inversión necesaria para la implantación de un sistema de metro ligero suele encontrarse en el entorno de los 10-50 M de €/km, muy por encima de los 1-8 M €/km que suele costar un sistema BRT.
- Los metros ligeros tienden a requerir financiación privada, que en muchos casos es difícil de conseguir debido a que la recuperación de la inversión se realiza normalmente a través de concesiones a muy largo plazo.
- Los sistemas de autobuses rápidos son más fácilmente financiables con lo que las administraciones públicas son menos reacias al endeudamiento.
- Hay que añadir los costes anuales que supondrán los sistemas en concepto de gastos de operación y mantenimiento, y en el caso de los BRT habrá que considerar la renovación de los autobuses cada 10-12 años frente a los 25-30 años de los metros ligeros.

Consecuencias Económicas

- Reducción en el nivel de emisiones (de gases nocivos y ruido) por viajero.
- Los trenes ligeros no tienen emisiones de gases nocivos a nivel local (a nivel nacional este tipo de emisiones depende del mix energético del país).
- Las emisiones de los sistemas de autobuses se producen a nivel local y sus niveles son dependientes de los motores y combustibles empleados por el material móvil.

7. CONCLUSIONES

Aunque idealmente las ciudades medias y grandes debieran desarrollar redes de transporte basadas en diferentes sistemas de transporte rápido (tanto de capacidad intermedia como de gran capacidad) según cuales sean los que mejor se adaptan a las diferentes zonas y objetivos perseguidos, la experiencia demuestra que la mayoría de ciudades optan por desarrollar un único sistema, complementado por otros sistemas de menor capacidad que actúan como red alimentadora del principal. Es, por tanto, fundamental que al menos la elección del sistema principal sea la correcta.

Comúnmente, los sistemas de metro ligero son un modo de transporte con mayores niveles de servicio y mejor imagen (al menos de partida) que los sistemas de autobuses rápidos. En general son sistemas que se adaptan mejor al servicio de grandes corredores de transporte, pese a la complejidad que suponen los intercambios con otras líneas y modos de transporte. Por el contrario los sistemas de autobuses rápidos requieren inversiones menos cuantiosas y tienen mayores facilidades de implantación (infraestructura más sencilla y menores tiempos de implementación), se adaptan mejor a corredores troncales de transporte cortos con gran cantidad de ramificaciones y con menores necesidades de capacidad.

La elección del sistema no depende únicamente del volumen de pasajeros a transportar, el tipo de líneas y los costes requeridos, sino que también habrá que considerar la imagen del sistema, los impactos que se pretenden conseguir con la actuación, la capacidad de atracción de usuarios,... Si entre los objetivos buscados se encuentra la mejora de la habitabilidad de la ciudad, el desarrollo económico urbano, el desarrollo un entorno más adaptado a los peatones y una promoción del sistema de transportes, los sistemas basados en trenes ligeros tendrán ventajas sobre los basados en autobuses. En cambio, cuando la realización de una inversión reducida es importante, la imagen del servicio y los niveles de confort no son de tanta importancia y los salarios en la ciudad son bajos, serán los sistemas de autobuses rápidos los que, en principio, sean más favorables.

Pese a que, como ya se dijo antes, las ciudades suelen optar únicamente por un tipo de sistema de transporte principal, esta no es la solución adecuada, lo lógico sería escoger un modelo de red de transportes basado en varios sistemas, elegidos de acuerdo con las necesidades de las zonas a las que van a dar servicio y que enlacen unas con otras y con otros modos de transporte a través de grandes intercambiadores intermodales, favoreciendo así las sinergias entre redes y mejorando por tanto el servicio del conjunto de la gran malla de transporte público. Una condición primordial que favorece la intermodalidad entre redes y modos es que el control (en la construcción, en la dirección de la explotación de la red, en la determinación de tarifas,...) pertenezca a una única organización, normalmente consorcios de transporte. De esta forma las diferentes redes comparten objetivos y es más fácil llegar a su consecución.

Para que este tipo de actuaciones tengan un efecto notable en los cambios en la distribución modal deben ir acompañadas por otras que afecten a la propiedad y uso de los automóviles, normalmente acciones referidas a la reducción de plazas de aparcamiento y/o pago de tasas por entrada en el casco urbano de la ciudad, aumento de las plazas de aparcamiento en el extrarradio, sobre todo en las proximidades de las grandes estaciones intermodales,... Asimismo puede resultar interesante la realización de campañas de concienciación de abandono del transporte privado y de promoción del transporte público como alternativa, consiguiendo una reeducación de los ciudadanos en materia de desplazamientos urbanos.

También puede ser muy beneficioso involucrar al sector privado, tanto en la construcción de la infraestructura como en la explotación del sistema, ya que puede permitir niveles de inversión superiores a los que se conseguirían únicamente con el apoyo de las administraciones públicas, que pudiera no permitir la inversión en sistemas basados en ferrocarril debido a su elevado coste.

La necesidad de sistemas de transporte rápido, competitivos con el vehículo privado, será cada vez mayor, es por ello que se deben entender de manera adecuada a fin de saber identificar las principales ventajas que aporta cada uno de ellos. Uno de los principales problemas que tienen estos sistemas es que crean gran controversia, los propios planificadores del transporte son, demasiado a menudo, defensores acérrimos de uno de los dos sistemas y claros detractores del otro. Los sistemas de metro ligero y los de autobuses rápidos de capacidad intermedia son diferentes, pero no competidores, sino más bien al contrario complementarios. A la hora de determinar cual es el sistema (o combinación de sistemas) más adecuado se deberá analizar cual es el que mejor permitirá la consecución de los objetivos deseados y será más fácil de conjugar con los planes de desarrollo urbano.

8. BIBLIOGRAFIA

Agglomeration. De Rouen, 2005, "TEOR, metrobus" Documento informativo de la aglomeración de Rouen sobre el sistema de autobuses TEOR.

Asociación Subterráneos de Buenos Aires: El Premetro y coches subterráneos.

CERTU. "Île-de-France: du développement des infrastructures de transport collectif à la mise en place d'une politique des déplacements",

Cristóbal Pinto, Carlos. Julio/agosto 2005. "Sistemas de Autobuses Rápidos: Un nuevo modo de transporte público metropolitano". Revista Carreteras nº 141. Asociación Española de la Carretera.

Dauby, L., 2004, "Tram and Light Rail Systems in Europe. Current Situation, Perspective and Market Volume", Transporte Público Internacional, Enero 2004, pag.8-11.

Vuchic, V. R., 2005, "El metro ligero y el transporte rápido en autobuses, ¿dos modos complementarios o que compiten entre sí?", Transporte Público Internacional, Mayo 2005, pag.10-13.

Alcaldía mayor de Bogota http://www.idu.gov.co/sist_trans/infraestruc_transmilenio.htm

Ayuntamiento de Curitiba. www.curitiba.pr.gov.br
http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a_cidade/Solucoes/Transporte/index.html

Subterráneos de Buenos Aires. <http://www.sbase.com.ar/>.

Transport For London. <http://www.tfl.gov.uk/trams/>.

9. AUTORES

Marsela Caipa Parra. Ingeniera en Topografía. SENER Ingeniería. Plaza Sagrada Familia 1, 1º 3ª Barcelona, España. (marselaparra@yahoo.com) Teléfono: 0034-629329699

Actualmente es investigadora de la Red Iberoamericana de Polos Generadores de Viajes con la UFRJ Brasil y con el Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías de Univalle (Colombia). Publicaciones en congresos a nivel internacional sobre el área del Transporte. Cursa Doctorado en Ingeniería Civil: Transporte UPC España. Es Master en Ingeniería de Transportes UFRJ Brasil. Hizo un Postgrado en Planificación y Gestión de la Movilidad Fundación UPC España y Especialización en Transportes Terrestres de la Fundación de Ferrocarriles Españoles UPM. Es Ingeniera Topográfica UV Colombia. Trabaja actualmente en SENER INGENIERÍA en España en el área de Transporte. Ha trabajado en GPO Ingeniería Ltda (España), Universidad Federal de Rio de Janeiro (Brasil) y Universidad del Valle (Colombia).

Rodrigo Herrero Marín. Ingeniero Industrial. ADIF España. rmarin@adif.es

Juan Marín Girona. Geógrafo. Ferrocarriles Españoles. jmadgeo@yahoo.es

Sonia Arias López. Economista. INECO España. sonia.arias@ineco.es

Elisa Guedez Rodríguez. Economista. elisaguedezr@yahoo.es

Ignacio Galindo Pinto. Ingeniero Civil. IDOM España. igalindo@idom.com

Juan Manuel del Castillo. Biólogo. RENFE Operadora España. jmcastillo@renfe.es