

Unidad 01: MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO

Los medios de transporte urbano de pasajeros pueden ser definidos de varias formas, siendo éstos interdependientes entre sí. Por ejemplo, un medio puede ser clasificado en función de la tecnología utilizada – únicamente – aun cuando también se tomen en cuenta las características del derecho de vía y su tipo de operación.

CLASIFICACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS

Se presentan las clasificaciones del transporte urbano de pasajeros, incluyéndose dentro de éstas las clasificaciones básicas y la definición de los componentes físicos del sistema.

Los diferentes medios de transporte urbano pueden ser clasificados por el tipo de servicios que prestan o por el volumen de viajes que manejan.

1) Por el tipo de servicio que prestan:

Transporte privado: operado por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado. Automóvil, bicicleta, motocicleta, peatón. Tracción animal o el animal mismo.

Transporte de alquiler: utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos proporcionados por un operador, chofer o empleado, ajustándose a los deseos de movilidad del usuario. Taxis, remis, Uber. Servicios de repuestas a la demanda: servicios contratados. Es un transporte público.

Transporte público: sistemas de transportación que operan con rutas fijas y horarios predeterminados y que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida.

Las dos últimas modalidades son las que integran el transporte público urbano.

El siguiente cuadro presenta la clasificación por tipo de servicio, observándose que las características de la disponibilidad, la provisión del servicio, la determinación de la ruta y el horario de servicio y la relación precio-costos, tiende a particularizarse en el individuo en el caso del transporte privado y a colectivizarse, o depender de otros individuos, conforme se hace público el servicio.

2) Clasificación por el volumen de viajes que manejan:

Transporte individual: cuando un vehículo sirve a una persona o un grupo organizado de usuarios que viajan a un mismo destino.

Transporte en grupos: cuando traslada a personas sin ninguna relación entre sí y con destino diferentes.

Cátedra: TRANSPORTE

Cuadro 1: Clasificación del transporte urbano por tipo de servicio

| CARACTERÍSTICAS | Tipo de Servicio | | |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|---------------|
| | Privado | De alquiler | Público |
| Disponibilidad | dueño | público | público |
| Proveedor | usuario | chofer | transportista |
| Determinación de ruta | usuario (flexible) | usuario-chofer | fijo (Estado) |
| Determinación de horario/servicio | usuario (flexible) | usuario-chofer | fijo (Estado) |
| Precio/Costo | usuario | tarifa fija | fijo |

| Por Volumen | Individual | Por Grupo | |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | | | Respuesta a Demanda |
| | automóvil | taxi compartido | colectivo |
| | auto compartido | remis | autobus escolar |
| | bicicleta | Uber | autobus de alquiler |
| | motocicleta | | minibús |
| | peatón | | autobús |
| | | | trolebús |
| | | | tranvía |
| | | | metro |
| | | | tren ligero |
| | | | tren regional |
| | | | transporte especializado |

Transporte especializado: funicular, teleférico

CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

Las diferencias que existen entre un medio de transporte y otro se pueden establecer a partir de tres características principales, las cuales se describen a continuación:

1) **Tipos de derecho de vía:** porción de la vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón.

Derecho de vía tipo C: la superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Operación con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales en todo o algunas partes de su desarrollo, incluyendo aquellas calles por donde se tienen acciones de preferencia hacia el transporte público de pasajeros.





Derecho de vía tipo B: existe una separación física longitudinal a través de elementos fijos, tales como barreras o guarniciones. Se mantienen los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones. Caso de vialidades dedicadas al transporte público en Curitiba, Bogotá (Transmilenio).



Derecho de vía tipo A: separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Pueden ser subterráneas, elevadas o a nivel y los casos más representativos son los sistemas de metro, las autopistas urbanas (transporte privado) y los sistemas de autobuses guiados de algunas ciudades, Reino Unido, Australia, Alemania



Autobus del O-Bahn guide-way, Adelaida, Australia



Autobus, guide-way, Alemania

**BUS GUIADO EN CRAWLEY,
REINO UNIDO**



II) Tipo de tecnología utilizada: se relaciona con las características mecánicas de las unidades de transporte y las características del camino mismo. Estas dos características están relacionadas entre sí y se tienen cuatro componentes principales a considerar.

a- **Soporte:** es el contacto vertical entre la unidad de transporte y la superficie de rodamiento sobre la que se transfiere el peso mismo del vehículo. Ejemplos de soportes: neumáticos sobre asfalto u hormigón; rueda de acero sobre el riel; colchón de aire; soporte magnético

b- **Guía:** forma que permite controlar al vehículo en sus movimientos laterales. Se presentan dos tipos fundamentales:

- sistemas dirigidos desde el vehículo a través de un volante (autobús, trolebús, automóviles, bicicletas, etc);

- sistemas que su control lateral viene dado por las guías o rieles con que cuenta. Tren ligero, tranvía, metro, autobús guiado.

Una característica importante de la tecnología basada en riel es que el conjunto rueda-riel combina el soporte y la guía de la unidad de transporte

c- **Propulsión:** se refiere al tipo de unidad motriz con que cuenta el vehículo, así como el método de transferir las fuerzas de aceleración y desaceleración. Ejemplo de unidad motriz: motores de combustión interna, motores eléctricos, motores híbridos. Método de transferencia de fuerzas: fricción-adhesión, magnética.

d- **Control:** forma que permite regular los movimientos de las unidades de transporte que operan en un sistema. Manual-visual (automóvil, bus, trolebús, bicicleta); manual-señal (tren ligero, tranvía); completamente automático (metro)

III) Tipo de servicio: el concepto de tipo de servicio se refiere básicamente a los tipos de rutas que se presentan en el sistema y a la forma y horario en que opera el sistema de transporte.

a- Tipo de ruta:

Frecuencia intensiva: servicios de baja velocidad con altas intensidades de viajes dentro de pequeñas áreas (servicio de transporte en aeropuertos, servicios especiales en centros históricos)

Rutas de transporte urbano: servicios en una ciudad

Rutas de transporte regionales o suburbanas: permiten obtener altas velocidades con pocas paradas a lo largo del trayecto y sirviendo a viajes de cierta longitud dentro de un área metropolitana.

b- Tipo de operación:

Servicios locales: uso extensivo a todas las paradas a lo largo de la ruta

Servicios de paradas alternadas: se alterna el servicio en las paradas a lo largo de una ruta con el fin de acelerar la prestación misma del servicio. Caso del metro azul-rojo de Santiago de Chile, o paradas alternadas en Transmilenio.

Servicio expreso: se busca lograr velocidades comerciales altas mediante el espaciamiento de las paradas por arriba del promedio del sistema.

c- Hora de Operación:

Horario regular: la mayoría de las rutas que conforman el sistema de transporte básico en una ciudad. Ejemplo de 05 hrs a 02 hrs (día siguiente) con frecuencias determinadas en horas punta y valle.

Horario punta: servicios prestados en horas de mayor demanda. Por ejemplo un bus cada 5 minutos.

Horario valle: servicios prestados en horas de baja demanda pero que mantienen regularidad. Un bus cada 15 o 20 minutos.

Servicios especiales: operan durante eventos, en caso de emergencia o bien, como servicios de transporte contratados de ex profeso para un determinado viaje. Servicios escolares (solo en período escolar: horarios fijos, recorridos determinados). Servicios eventos deportivos, culturales (Fiesta de la Vendimia).

A partir de estas características se clasifican los medios de transporte y se consideran distintos si difieren substancialmente en una o más de las tres características anteriores. Así por ejemplo, un trolebús y un autobús son medios de transporte urbano diferentes puesto que difieren en su tecnología, pero no existe una diferencia entre un autobús regular, un minibús y un articulado si los tres operan bajo las mismas condiciones.

A su vez, si comparamos la tecnología, y en especial su forma de guía, con el tipo de derecho de vía en que opera encontramos que los sistemas de transporte mejoran conforme pasamos de un derecho de vía a otro a la vez de presentarse la necesidad de establecer una tecnología guiada

El siguiente cuadro muestra esta situación.

Cátedra: TRANSPORTE

Cuadro 2: *Clasificación en función de la tecnología y del derecho de vía*

| TECNOLOGÍA (GUÍA) DERECHO DE VÍA | Libre | Semiguñado | Guiado | Especializado |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|
| C | de alquiler - autobús | trolebús | tranvía | ferrys chalanas |
| B | autobús | autobús guiado trolebús guiado | tren ligero tren regional | funicular |
| A | autopista urbana | trolebús en tunel O-Bahn | metro | telesférico |

Esto nos lleva a reclasificar nuevamente a los medios de transporte en cuatro clases genéricas, basando la misma en el derecho de vía en que opera. Así se tiene:

1. Transporte de superficie: operan en calles con tránsito mixto (automóviles, buses)
2. Transporte semiconfinado: operan en vialidades reservadas pero presentan cruces en sus intersecciones.
3. Transporte confinado: operan con un derecho de vía exclusivo, segregado completamente de otras unidades de transporte y presentan altos rendimientos (metro)
4. Transportes especializados: presentan consideraciones especiales en cuanto a su derecho de vía, tecnología o a su forma de operar. Funiculares, teleféricos, ferrys.



Ferry (C)



Funicular (B)





Telesférico (A)

COMPONENTES FÍSICOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Un sistema de transporte se compone principalmente de tres elementos físicos:

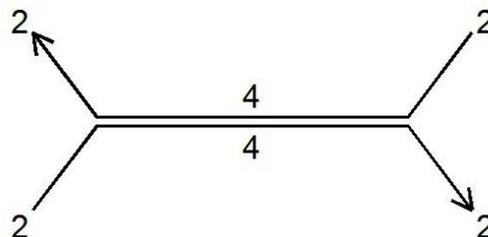
Vehículo: unidades de transporte, su conjunto se describe como parque vehicular en el caso de autobuses o trolebuses y equipo rodante para el caso de transporte férreo.

Unidad de transporte: un solo vehículo o un agrupamiento de vehículos que formen un tren y operen conjuntamente como uno solo.

Infraestructura: derecho de vías en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones. Estaciones normales, terminales, puntos de trasbordo, garajes, depósitos, encierros o patios, talleres de mantenimiento y reparación. Sistema de control: detección, comunicación, señalización. Sistema de suministro de energía.

Red de transporte: está compuesta por las rutas de los autobuses, los ramales de los sistemas de colectivos y minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en una ciudad.

La diferencia entre ruta y Línea se muestran en la siguiente figura



Línea: longitud de las calles = $2 + 2 + 4 + 2 + 2 = 12$ km

Ruta: longitud de las trayectorias de las rutas = $(2 \times 4) + (4 \times 2) = 16$ km

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Dentro del sistema de transporte se deben distinguir lo siguiente:

- 1- Operación del transporte: punto de vista del prestatario de transporte. Incluye el cumplimiento de horarios, frecuencias, asignación de roles y jornadas de trabajo, supervisión, operación y mantenimiento de las unidades de transporte. Recolección de tarifas, en la provincia de Mendoza lo realiza un tercero.
- 2- Servicio de transporte: forma en que el usuario cautivo, eventual y potencial ve el transporte. Integra conceptos tales como calidad y cantidad del servicio, información que se le proporciona, costo, tiempos de viaje, etc.
- 3- Gobernanza: en nuestro caso la Provincia. En otros casos suele ser el Municipio o un Ente creado a tal fin. Es quien concede los servicios a terceros o lo presta por administración. Garantiza el cumplimiento de los contratos celebrados (en caso de concesiones). Sanciona incumplimientos. Planifica y regula los servicios de transporte.

Hay cuatro características que permiten distinguir y comparar diferentes sistemas de transporte entre sí, luego la selección corresponde al que muestre una mejor combinación de estas características:

- a- Rendimiento o desempeño del sistema: se entiende la forma en que se desarrolla el sistema de transporte y está definido su desempeño por varios conceptos:
 - Frecuencia de servicio (hora punta y hora valle): cantidad de unidades que prestan el servicio de transporte durante un período de tiempo. Ejemplo: frecuencia en hora punta: 10 unidades por hora, una unidad cada 6 minutos.
 - Intervalo entre unidades (hora punta y hora valle): tiempo que separa a dos unidades del mismo recorrido. Ejemplo: intervalo en hora punta de 6 minutos (corresponde a la frecuencia del párrafo anterior).
 - Tiempo de Espera Unidad: período de tiempo que pasa un ómnibus en su terminal o control auxiliar entre el cumplimiento de un servicio (hora de llegada) y el inicio del siguiente (hora de salida). Se expresa en minutos. Afecta la determinación de cantidad de unidades.
 - Tiempo de Vuelta: período de tiempo necesario para completar un recorrido completo. Se expresa en minutos.
 - Tiempo Total: tiempo de vuelta más tiempo de espera.
 - Velocidad de Operación: Cociente entre la Longitud Total de un servicio o recorrido y el Tiempo de Vuelta necesario para realizarla. Se expresa en km/h.
 - Velocidad Comercial: Cociente entre Longitud Total de un servicio o recorrido y el Tiempo de Vuelta más el Tiempo de Espera. Se expresa en km/h.

Cátedra: TRANSPORTE

- Tiempo de Espera en parada: tiempo que separa a dos unidades del mismo servicio, entre la partida de un ómnibus y el arribo del siguiente, expresado en minutos. Afecta al usuario.
- Confiabilidad del servicio: porcentaje de llegadas a tiempo de una unidad a una parada dentro de un margen aceptable.
- Regularidad del servicio: uniformidad de salidas de las unidades de transporte.
- Seguridad del sistema: índice que indica números de accidentes por año o kilómetro.
- Capacidad de línea: número máximo de usuarios que las unidades de transporte pueden llevar a través de un punto durante un determinado período de tiempo. Se distingue entre capacidad ofrecida (oferta) y capacidad utilizada (demanda). Pax/hr/sentido. Pax/día/sentido. Pax/hr/total (ida y vuelta). Pax/día/total (ida y vuelta), son los valores mayormente utilizados.
- Capacidad productiva: producto de la velocidad de operación y la capacidad de línea. Integra un elemento básico que afecta al usuario (velocidad) y otro que afecta al operador (capacidad), permite comparar diversos medios de transporte.
- Productividad: relaciona la cantidad producida y su unidad de insumo. Ejemplo: vehículo-km entre unidad de costo. Son índices.
- Utilización de un sistema: relaciona la producción y el insumo pero con unidades iguales o similares. Ejemplo: pax/km entre espacio/km

b- **Nivel de servicio**: esta medida integra a todas las características del servicio de transporte que afectan al usuario.

Este concepto es por mucho más complejo que el utilizado en vialidades ya que incluye aspectos de desempeño que afectan al usuario como son los relativos a la velocidad de operación, a la confiabilidad, seguridad del sistema, tiempos de espera. Por otro lado, hay aspectos referentes a la calidad del servicio (en gran parte cualitativos) tales como: cobertura adecuada de la red, limpieza y estética de las unidades, itinerarios convenientes y publicados (información), vehículos adecuados (accesibilidad), trato de los conductores, servicios rápidos, frecuentes y confiables. Todos estos aspectos mejoran el nivel de servicio.

La velocidad se encuentra influenciada por el número de usuarios, la ruta, frecuencia de paradas, tiempos de abordaje, interferencias del tránsito, diseño y confinamiento del derecho de vía.

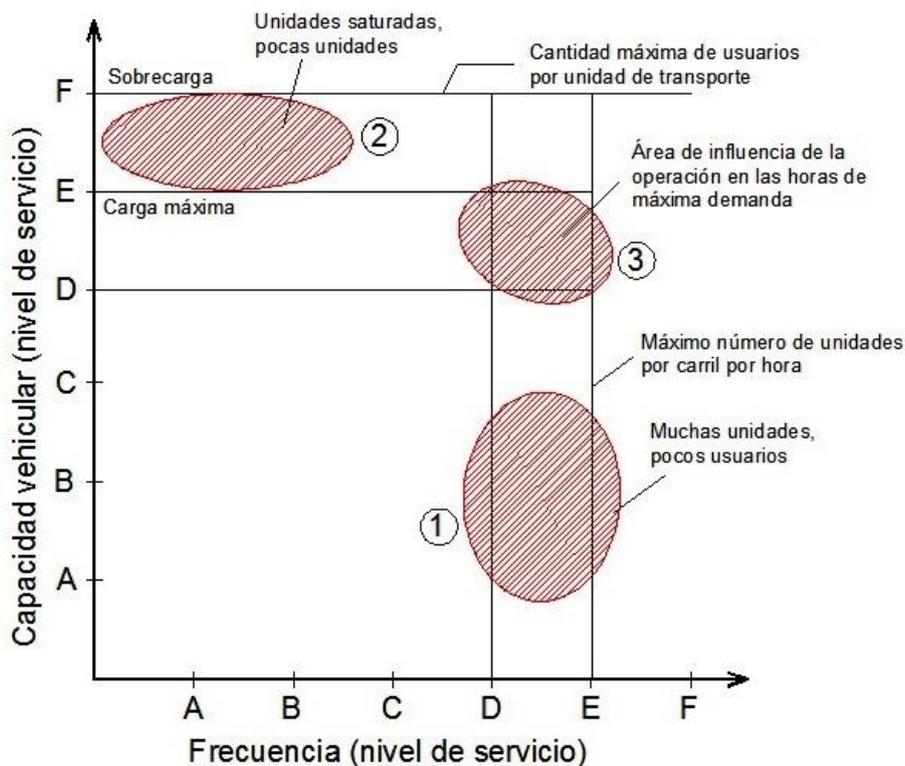
Otro aspecto que afecta el nivel de servicio es el costo que implica al usuario el servicio de transporte, nivel tarifario fijado por el prestador o la autoridad de aplicación.

Desde el punto de vista de la capacidad existen dos aspectos relativos al nivel de servicio que deben considerarse:

- Número de pasajeros por unidad de transporte
- Número de vehículos por hora

Estos valores deben ser reflejados por los criterios relacionados de la capacidad con los niveles de servicio. El siguiente gráfico muestra la naturaleza bidimensional del problema.

Figura 1. *Naturaleza bidimensional de los niveles de servicio de transporte público*
Transportation Research Board: Highway Capacity Manual.



De esta figura se puede observar:

Zona 1: elevadas frecuencias, el número de vehículo puede estar cercano a la capacidad de la vía. Operan casi vacíos. No responden a la demanda.

Recordemos que capacidad de la vía es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevaletientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Cátedra: TRANSPORTE

Zona 2: bajas frecuencias, nivel de servicio bajo desde el punto de vista del usuario por dos motivos fundamentales, tiempos de espera demasiado largo y unidades que pueden llegar a saturarse (capacidad de línea)

Zona 3: Nivel de servicio para diseñar los transportes públicos en hora punta, se ubica en el punto donde se operan un gran número de unidades cada una de ellas con nivel de carga cercanos a la saturación.

- c- **Impactos:** los impactos de un sistema de transporte son los efectos que el servicio de transporte tiene en su entorno y dentro del área de servicio que cubre. Estos impactos pueden ser:
- Corto plazo: reducción del congestionamiento de las vialidades, cambios en la emisión de contaminantes y niveles de ruido, cambio en la estética de las unidades,
 - Largo plazo: cuando afectan el valor del suelo o promueven el cambio de las actividades económicas o urbanas, así como la forma física de una ciudad.
 - Impactos en el medio social: accesibilidad, cobertura, calidad en la prestación, confort, seguridad, etc.

El siguiente cuadro muestra una aproximación general de los impactos ambientales que generan diferentes tipos de sistemas de transporte.

Cuadro 3: *Impactos producidos por los medios de transporte*

| MEDIO DE TRANSPORTE | CONTAMINACIÓN DEL AIRE | RUIDO | IMPACTO VISUAL | SEGURIDAD |
|--|------------------------|-----------|----------------|-----------|
| Autobús en tránsito mixto (C) | mala | regular | buena | regular |
| Autobús en carriles preferenciales (B) | regular | regular | buena | regular |
| Autobús en carriles exclusivos (A) | buena | buena | buena | buena |
| Tranvía | excelente | regular | regular | regular |
| Tren ligero | excelente | regular | regular | buena |
| Metro superficial | excelente | mala | mala | mala |
| Metro elevado | excelente | mala | mala | excelente |
| Metro subterráneo | excelente | excelente | excelente | excelente |

- d- **Costos:** en general los costos se presentan como:
- Costos de Inversión o de Capital (CI): los cuales se refieren a la construcción o la realización de cambios permanentes en el aspecto físico del sistema. Están ligados con la vida útil de los vehículos y de la infraestructura, pudiendo ir de 7 a 15 años para autobuses; hasta 30 años para el material rodante y 100 años para túneles.
 - Costos de Operación (CO): son los que se originan en el funcionamiento diario del sistema. Se ven afectados por los salarios, combustibles o energía, insumos, etc.

Cátedra: TRANSPORTE

Varían de un sistema de transporte a otro. Los costos de operación predominan en los sistemas de autobuses que operan en tránsito mixto, presentan usualmente una relación de 5 a 1 (CI vs CO). Mientras que en el caso de los metros, los costos de capital o inversión predominan con una relación de 4 a 1 (CI vs CO).

Estas variaciones y diferencias en costos y vida útil deben ser consideradas al calcular los costos comparativos. La relación costo-efectividad de los distintos sistemas puede ser comparada al expresar los costos totales en términos de pasajeros kilómetros.

Al realizar un análisis de los costos del transporte es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Reflejar en el análisis la operación que se viene dando: tener presentes los resultados recientes de la operación, incluyendo la experiencia que se tenga en materia de costos y las tendencias operacionales de la empresa.
- ✓ Anticipar las formas futuras en que operará el sistema: debe cubrir la totalidad de los requisitos administrativos en el proceso de elaboración del presupuesto de la empresa, considerando aquéllos que variarán en el futuro. Ejemplo: inflación, contrato colectivo de trabajo, prestaciones, edad del parque vehicular y de la infraestructura de apoyo, nuevas tecnologías, fuerza de trabajo, entre otros aspectos.
- ✓ Apuntar todas las responsabilidades funcionales de la empresa o dependencia de transporte (Estado): Personal o la asignación de recursos de todas las funciones que se requieren en la operación y en la inversión.
- ✓ Enfocarse en los componentes de costos principales: el nivel de precisión debe ser consistente con la importancia relativa de cada área funcional que se esté analizando. Algunas variables que deben ser estudiadas: parque vehicular en la hora de máxima demanda (dimensionamiento de flota), horas de servicios pagadas, vehículos-kilómetro, número de instalaciones de mantenimiento, entre otros.
- ✓ Utilizar información consistente sobre el nivel del servicio: estadísticas consistentes con los supuestos de análisis de demanda y con los itinerarios programados. Los sistemas prepagos son una muy buena base de datos (RedBus).
- ✓ Utilizar la experiencia de otras empresas: experiencia combinada de los análisis de ingeniería y planeación, sistemas operativos de otras empresas.
- ✓ Utilizar información fácilmente obtenible.
- ✓ Ofrecer información de costos perfectamente etiquetada a la cantidad de servicio ofrecido para su uso en un análisis de costo-efectividad. Esto se basa en el supuesto de que a largo plazo los diferentes costos administrativos e indirectos están relacionados directamente con la cantidad de servicio ofrecido.
- ✓ Estructurar el análisis de sensibilidad: se debe realizar un análisis de sensibilidad con el fin de considerar la incertidumbre en el componente de costos. Este análisis debe establecer los límites superior e inferior de los costos variando los valores de los

Cátedra: TRANSPORTE

siguientes componentes: inflación, productividad laboral y consumo de combustible, entre otros aspectos a considerar.

EVOLUCION DE LA FAMILIA DE MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO

El objetivo primordial de esta sección es comprender las características inherentes que los medios de transporte presentan.

Para ello es necesario liberarse de una serie de factores que distorsionan la utilización óptima de los medios de transporte. Entre estos factores se encuentran: los costos, las inversiones, las políticas y estrategias que favorecen un medio de transporte; las prácticas operativas que se siguen y las condiciones locales que afectan directa o indirectamente el uso de un medio de transporte.

Es por ello necesario establecer un modelo teórico de desarrollo ideal del transporte que considera un área urbana dinámica, la cual cambia a lo largo del tiempo tanto en su densidad como espacialmente. Esto trae como resultado un análisis de las condiciones óptimas de operación de los medios de transporte en base a cuatro períodos de crecimiento de las ciudades.

Inicialmente se parte de un asentamiento humano (rancherío, villa) hasta llegar a una gran metrópoli. Asimismo, se muestra el rango completo de requerimientos y se define sistemáticamente la secuencia deseable de aplicación de los distintos medios de transporte. Por ende, se incluye el espectro completo de capacidades y niveles de rendimiento ya que estos requerimientos varían a lo largo de cada una de las etapas evolutivas, pasando de una población de baja densidad con viajes dispersos a una población de alta densidad con viajes concentrados a lo largo de un determinado número de arterias y zonas.

El siguiente cuadro muestra los cuatro períodos de crecimiento así como las poblaciones consideradas para cada período de tres países: México, Estados Unidos, Europa.

Naturalmente, los tamaños poblacionales no están definidos en forma precisa y solamente sirven de referencia a partir de características similares de transporte que se presentan en estas tres regiones. Asimismo, la denominación utilizada para definir las poblaciones solo pretende diferenciar distintos grupos poblacionales.

Cuadro 4: *Períodos de crecimiento y su comparación*

| PERÍODO DE CRECIMIENTO | ESQUEMA | MÉXICO (hab) | EUROPA (hab) | USA (hab) |
|--------------------------|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| ASENTAMIENTO HUMANO | | 100.000 | 50.000 | 100.000 |
| PUEBLO | | 100.000 a 1.000.000 | 300.000 | 100.000 a 500.000 |
| CIUDAD DE MEDIANO TAMAÑO | | 1.000.000 a 5.000.000 | 300.000 a 1.300.000 | 500.000 a 2.000.000 |
| GRAN METROPOLI | | más de 5.000.000 | más de 1.300.000 | más de 2.000.000 |

- Calle local
- Arteria o avenida
- Carril exclusivo transporte público
- Metro

Asentamiento humano

El primer período de crecimiento considera un asentamiento humano formado por una serie de casas habitacionales, alguna industria manufacturera de pequeña escala y otras

Cátedra: TRANSPORTE

construcciones de poca relevancia. Todas estas construcciones están conectadas, en el mejor de los casos, por calles de sección reducida. En este asentamiento la mayoría de los viajes son cortos y generalmente se realizan caminando.

- Primer paso: Peatón

Conforme el asentamiento crece, se vuelve tedioso, incómodo y cansador recorrer a pie las distancias que separan una actividad de otra. Esto hace que aparezcan las primeras unidades de transporte, las cuales pertenecen a la persona que invierte cierto capital en su compra. Con ello, el propietario del vehículo obtiene una mayor movilidad le permite utilizarlo cuando y donde desee. Dentro de esta categoría se encuentran el caballo, la carreta, la bicicleta, la motocicleta y el automóvil, principalmente.



- Segundo paso: Unidad de Transporte Privada

La unidad de transporte privada (generalmente automóvil) plenamente satisface las necesidades de transportación del asentamiento humano ya que presenta las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

(+) provee un servicio de transporte en el momento y donde se desee,

(+) el servicio es cómodo y

(+) el costo del servicio es relativamente bajo

(-) la disponibilidad se limita únicamente a quien lo compra

(-) lo utilizan aquellas personas que saben o pueden conducir así como sus acompañantes

Es posible mejorar este sistema de transporte si se provee algún tipo de servicio que permita movilizar a aquellos que no disponen de vehículo privado o que legal o físicamente se ven impedidos para conducirlo. Aparece el interés por comercializar la actividad de transporte. Así, inicia operaciones la unidad de transporte operada por un chofer, el cual está facultado a transportar a cualquier usuario a un determinado costo. Se incluyen dentro de estas categorías las calandrias, las rickshaw, los triciclos y los taxis, entre otros.



triciclo



rickshaw



calandrias

- Tercer paso: **Unidad de Transporte de Alquiler**

Tanto el vehículo privado como el transporte de alquiler son las formas ideales para proporcionar movilidad a los asentamientos humanos pequeños y de baja densidad siendo el automóvil y el taxi, respectivamente, los que se utilizan mayormente en nuestro medio.

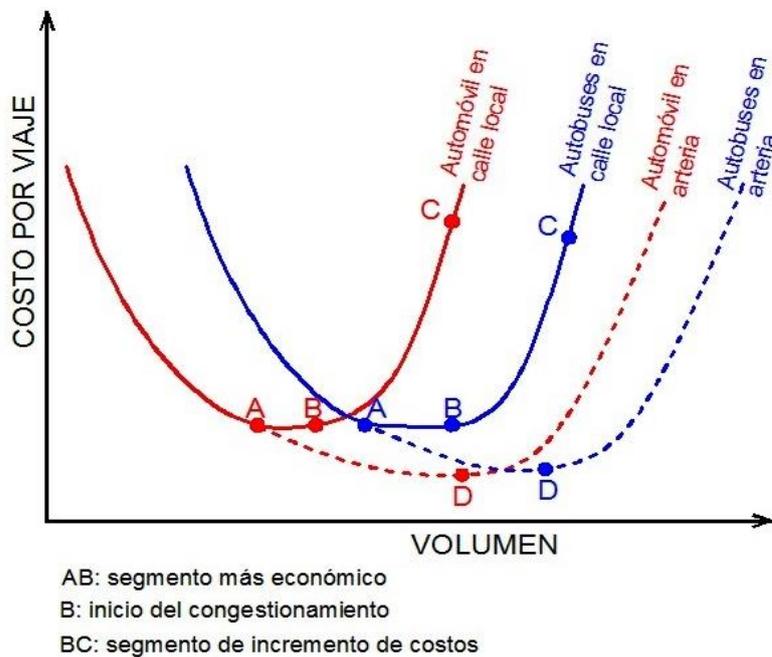
Pueblo

El asentamiento continúa su crecimiento en extensión, en población y en vehículos, especialmente motorizados. Aparecen los primeros congestionamientos, fundamentalmente en las calles donde se empieza a concentrar la actividad comercial. En consecuencia, se tienen que buscar soluciones que permitan incrementar la capacidad de movimiento. Las dos soluciones que se presentan son:

- 1- el ensanchamiento de las calles más afectadas por el congestionamiento o bien,
- 2- el uso de unidades de transporte con mayor capacidad

La siguiente figura ilustra los efectos que produce el ensanchamiento de calles.

Figura 2: Efectos en el congestionamiento debido al ensanchamiento de la vialidad



La primera curva muestra que conforme el volumen de vehículos aumenta, el costo por viaje se reduce hasta cierto punto (A) donde ya no es posible obtener mayores ahorros. Este costo por viaje se mantiene por un tiempo (A-B) hasta que llega a un punto crítico, de inflexión, en donde se satura la capacidad de la vía o intersección (B: congestionamiento). A partir de este punto, un pequeño incremento en el volumen, incrementa considerablemente el costo por viaje (B-C).

Al ensanchar la calle se logra extender la tendencia a la reducción del costo por viaje (A-D) hasta que se vuelve a presentar la falta de capacidad (punto D) y en consecuencia, la situación ya descrita.

Con el ensanchamiento de calles se logra reducir los costos sociales a los que se incurre debido al congestionamiento, a los impactos negativos y a los accidentes. La construcción de calles o caminos de mayor capacidad presenta las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- (+) un mejor nivel de servicio,
- (+) menores costos de transporte,
- (+) un estímulo al crecimiento urbano,
- (-) mayores requerimientos de inversión,
- (-) mayores impactos al medio ambiente debido al ensanchamiento de calles y a la construcción de instalaciones de almacenaje de las unidades de transporte privadas (estacionamiento).

Cátedra: TRANSPORTE

 - Cuarto paso: *Ensanchamiento de Calles*

Si por el contrario al ensanche de calles, se decide utilizar unidades de transporte con mayor capacidad, entonces se inicia el servicio de transporte público propiamente dicho. Así, la mejor solución para volúmenes de pasajeros pequeños (600 a 2.000 pasajeros/hora) es utilizar unidades de transporte de capacidad media con la que se preste un servicio que siga en lo posible los deseos del usuario, con frecuencias razonables y costos moderados. Dentro de esta categoría se incluyen los taxi colectivos y el minibús.

Si los volúmenes de pasajeros son grandes (2.000 a 12.000 pasajeros/hora) la mejor opción es utilizar unidades de transporte de alta capacidad.

Como resultado de esta acción se vuelve imperativo establecer rutas fijas que cubran el área urbana y ubicar adecuadamente las paradas a determinada distancia una de otra (300m a 600m) logrando con estas dos medidas, servir a un mayor número de personas y con un mejor nivel de servicio. El autobús y el trolebús, ya sean regulares o articulados, entran bajo esta categoría.

Con la introducción de un servicio de transporte público urbano se logran los siguientes cambios:

(+) se logra un transporte más asequible (tarifa accesible) para todos los habitantes que viven dentro del área en que se presenta el servicio (zona de cobertura),

(+) se obtiene un servicio sencillo y programado en toda la red de transporte (regularidad),

(+) se fomenta un incremento en la capacidad de las calles al haber un cambio del vehículo privado al transporte público, lo cual se traduce en un mejor nivel de servicio,

| INCIDENCIA EN SUPERFICIE URBANA Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA MOVILIZAR 10.000 PERSONAS EN MODOS NO ACTIVOS | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|----------|-----------|----------|
| MODO | PASAJEROS TRANSPORTADOS | Superficie (m2) ocupación EVU | OCUPACIÓN EVU TOTAL | | | | CONSUMO | |
| | | | Unidades | Superficie Total (m2) | Ocupación EVU por pasajero (m2) | Relación | lt/km/pax | Relación |
| Automóvil (uso eficaz) | 4 | 15 | 2500 | 37.500 | 3,8 | 9,2 | 0,025 | 5,0 |
| Automóvil (uso habitual) | 1,5 | 15 | 6667 | 100.000 | 10,0 | 24,5 | 0,067 | 13,3 |
| Bus Urbano | 80 | 45 | 125 | 5.625 | 0,6 | 1,4 | 0,005 | 1,0 |
| Bus Urbano Articulado | 140 | 60 | 71 | 4.286 | 0,4 | 1,0 | 0,005 | 1,0 |
| Tranvía Siemens U2-DUPLA | 180 | 73,5 | 56 | 4.083 | 0,4 | 1,0 | 0,000 | 0,0 |

Fuente: *Secretaría de Servicios Públicos – Gobierno de Mendoza*

(+) se reduce el congestionamiento así como los impactos negativos,

(-) se puede presentar el problema de los subsidios.

Cátedra: TRANSPORTE

Las ventajas y desventajas que se presentan con el cambio de un servicio de transporte que utiliza minibuses o taxi colectivo a un servicio que utiliza autobuses son las siguientes:

- (+) mayor capacidad de transporte,
- (+) menor costo por unidad de capacidad, debido a una mayor productividad laboral,
- (+) mayor comodidad,
- (-) menor frecuencia para una determinada demanda.

- Quinto paso: **Minibús - Taxi Colectivo. Autobús - Trolebús**

Ciudades Medias

).

Dentro del modelo en desarrollo, el “pueblo” continúa su desarrollo y pasa a ser una “ciudad” en donde la saturación de sus calles y avenidas se vuelve a presentar con la consecuente reducción del nivel de servicio. La solución radica en el establecimiento de derechos de vía que separen a los distintos medios de transporte mediante algún tipo de barreras físicas (camellón, guarnición, etc.) pero permitiendo los cruces a nivel. Con ello se logra un flujo estable, evitándose las fricciones entre los distintos medios de transporte (peatón, automóvil, autobús). Al considerar como factible esta solución aparece un interrogante:

¿a qué medio se le debe proporcionar inicialmente esta prioridad: al transporte privado o al transporte público?

Como el transporte público (taxi, minibús, colectivo, autobús, trolebús) puede transportar de 2 a 60 veces más pasajeros que el automóvil (si el factor de ocupación es 1,4 pasajeros por vehículo particular, dato Área Metropolitana Gran Mendoza) **y la estrategia fundamental a seguir es la de movilizar personas y no vehículos**, muchas ciudades han adoptado primeramente el derecho de vía confinado longitudinalmente para el transporte público.

Esta separación de los medios de transporte trae como consecuencias:

- (+) la mejora del nivel de servicio y de rendimiento del sistema,
- (+) la atracción de un número mayor de pasajeros,
- (+) el establecimiento de una identidad e imagen más fuerte del sistema de transporte (Transmilenio, Transantiago, Curitiba, Metrobús),
- (+) la reducción de los costos unitarios de operación,

Cátedra: TRANSPORTE

(+) la introducción de un mayor impacto en el uso del suelo y en la forma urbana debido a la permanencia que presenta,

(-) la modificación en las condiciones del tránsito, dependiendo si el derecho de vía para el transporte público se encuentra dentro o fuera de las calles existentes,

(-) la necesidad de espacio extra,

(-) el requerimiento de un costo de inversión y tiempo para su construcción.

Es importante enfatizar que un derecho de vía confinado longitudinalmente trae importantes incrementos a la velocidad de operación (mejora de tiempos de viaje, menor tamaño de flota) y a la confiabilidad del sistema (cumplimiento de horarios, previsibilidad). Únicamente de esta forma se puede lograr que el transporte público sea competitivo con el transporte privado.

- Sexto paso: **Separación de los Modos de Transporte**



Una vez que el transporte público se encuentra segregado de otros medios de transporte entonces es cuando las ventajas que presenta la tecnología guiada empiezan a ser relevantes. Así, si se comparan los medios de transporte de tecnología guiada con los de tecnología conducida (o manejada), los primeros presentan las siguientes ventajas y desventajas:

(+) se obtiene una mayor capacidad y productividad debido a la operación de trenes (dos o más vehículos acoplados),

(+) se logra un menor costo de operación por unidad de capacidad ofrecida,

(+) se cuenta con la posibilidad de tracción eléctrica,

(+) se presenta una mayor seguridad y confiabilidad en el sistema,

Cátedra: TRANSPORTE

(+) se reduce la sección transversal del derecho de vía (gálibo menor),

(+) se facilita la operación en túneles, viaductos y parques sin ocasionar un daño ambiental significativo,

(-) se dificulta su compatibilidad con otros medios de transporte en calles con tránsito mixto.



(-) se ve limitado a la red de vías con que cuenta, lo cual hace que no sea económicamente factible en líneas de gran longitud que cubran exclusivamente áreas de baja densidad de población,

(-) se tiene una menor flexibilidad en cuanto a su operación,

(-) se hace necesaria una mayor inversión.

Se dice que se cuenta con un tren ligero cuando se establece un servicio de transporte público férreo que tenga alguna porción de su recorrido con un derecho de vía separado y que se proporcione por algún tipo de tecnología guiada.

- Séptimo paso: **Transporte guiado**

Metrópoli

La ciudad de mediano tamaño continúa su desarrollo y pasa a ser una ciudad con grandes volúmenes de viajes en muchos corredores; con una gran diversificación de actividades y un gran espacio territorial. Esto implica que la ciudad requiera de un mayor rendimiento de su sistema de transporte que la que se puede prestar mediante el uso del automóvil en arterias o de la segregación del transporte público y privado.



AMBA (12.800.800 hab – 2.600 km²)
4.923 hab/km²

AM París (16.067.000 hab - 2.723 km²)
5.900 hab/km²

Con ello aparece la necesidad de proveer a la ciudad de sistemas de transporte - tanto privado como público - con un derecho de vía totalmente confinado y controlado.

Si se comparan los derechos de vía totalmente controlados (intersecciones a desnivel, elevadas o subterráneas) con aquellos que presentan una separación longitudinal y los que operan con tránsito mixto, se observan las siguientes ventajas y desventajas:

- (+) se obtiene un mejor rendimiento (mayor capacidad, velocidad y confiabilidad),
- (+) se logra un nivel de servicio más alto,
- (+) se tiene menores costos de operación,
- (+) se establece una permanencia que definitivamente afecta el uso del suelo,
- (-) se requiere una superficie considerablemente mayor (especialmente en el caso de construcción de intersecciones a desnivel),
- (-) se necesitan mayores costos de inversión,
- (-) se afecta el tránsito en el corredor durante su construcción.

En el caso del transporte privado esta infraestructura es conocida como autopista urbana.



- Octavo paso: ***Construcción de un derecho de vía controlado para el transporte privado (autopista urbana)***

La tecnología guiada es siempre superior cuando se utiliza un derecho de vía controlado o exclusivo para el transporte público ya que sus ventajas operacionales y el rendimiento no se ven reducidos debido a su imposibilidad de operar fuera de las guías. Así, si se compara - para el caso de transporte público - un derecho de vía controlado con uno con separación únicamente longitudinal, se obtienen las siguientes ventajas y desventajas:

- (+) se logra un mayor rendimiento (mayor capacidad, velocidad, confiabilidad y seguridad),
- (+) se obtiene un mejor nivel de servicio,
- (+) se reducen los costos de operación por unidad de capacidad,
- (+) se establece una imagen e identidad de gran importancia tanto para el sistema como para la ciudad,
- (+) se induce una mayor atracción de pasajeros (como resultado de los tres últimos puntos),
- (+) se tienen impactos en el uso del suelo mucho mayores, los cuales son predecibles y controlables,
- (+) se presenta la posibilidad de controlar automáticamente el sistema,
- (-) se tiene la necesidad de separar el derecho de vía de cualquier influencia externa (subterráneo, elevado, cruces a desnivel),
- (-) se necesita una gran inversión,
- (-) se afecta el tránsito en el corredor durante su construcción,
- (-) se ve limitada la extensión de la red.

Cátedra: TRANSPORTE

El medio de transporte que está representado con este tipo de derecho vía es el metro

- Noveno paso: ***Establecimiento de un derecho de vía controlado para el transporte público (metro)***

La última mejora importante que se puede presentar dentro del sistema de transporte es la automatización de la operación de trenes. Para su logro es condición indispensable contar con un derecho de vía controlado y alguna de las variantes de la tecnología guiada. Los sistemas férreos se presentan como los mejores candidatos debido a su simplicidad y confiabilidad.

Las ventajas y desventajas que presenta un sistema automatizado en comparación con un sistema operado manualmente son las siguientes:

- (+) se aumenta la frecuencia sin incurrir en un costo adicional,
- (+) se obtiene un menor consumo de energía y desgaste del vehículo debido a la programación eficiente de su recorrido,
- (+) se facilita la recuperación de tiempos perdidos,
- (+) se logran menores costos de operación si los ahorros por concepto de salarios son mayores que los costos que se incurren por la complejidad del sistema,
- (+) se logra una mayor seguridad (al eliminar el error humano),
- (-) se necesita un costo de capital considerablemente mayor,
- (-) se tiene una menor confiabilidad del equipo debido a la complejidad técnica que existe,
- (-) se requiere una supervisión del equipo automático de vía y una comunicación con el usuario para controlar los casos de emergencia y seguridad.

Actualmente existen algunos servicios de este tipo (transporte automático en grupos) en algunos aeropuertos (Dallas-Fort Worth, Houston, Tampa, Miami, Barajas Madrid, etc) así como algunos sistemas de metro convencional que ya operan de esta manera.

- Décimo paso: ***Automatización del Transporte Público***

La siguiente figura presenta una síntesis de los diez pasos que se presentan en la evolución de un sistema de transporte urbano, así como las características más importantes que afectan el rendimiento del sistema

Figura 3: Síntesis de la evolución del sistema urbano de transporte

| PASO | DESCRIPCIÓN | FIGURA | CARACTERÍSTICAS | SISTEMA EN EL MUNDO REAL |
|------|--|---|--|--|
| 1 | PEATÓN |  | | Peatones |
| 2 | UNIDAD DE TRANSPORTE PRIVADA |  | Velocidad, comodidad, conveniencia | Automóviles privados |
| 3 | UNIDAD DE TRANSPORTE DE ALQUILER |  | Servicio para todo público | Taxis - Remises - Uber |
| 4 | ENSANCHAMIENTO DE CALLES |  | Capacidad. Nivel de Servicio | Arterias |
| 5 | UNIDAD DE TRANSPORTE PÚBLICO |  | Capacidad. Costo. Comodidad | Autobuses |
| 6 | SEPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE |  | Confiabilidad. Capacidad. Velocidad del Transporte Público. | Derecho de vía para el Transporte Público separado longitudinalmente |
| 7 | TRANSPORTE GUIADO |  | Capacidad. Tracción eléctrica. Comodidad. Costo de operación | Tran ligero - Tranvía |
| 8 | DERECHO DE VÍA CONTROLADO TRANSPORTE PRIVADO |  | Capacidad. Velocidad. Seguridad. Conveniencia | Autopista urbana |
| 9 | DERECHO DE VÍA CONTROLADO TRANSPORTE PÚBLICO |  | Capacidad. Velocidad. Confiabilidad. Impactos al área | Derecho de vía controlado, exclusivo Metro |
| 10 | AUTOMATIZACIÓN |  | Frecuencia. Costos de operación. Rendimientos | Medios guiados automáticos. Transporte automático de grupos. Metro |

Cátedra: TRANSPORTE

3- una mayor inversión inicial

4- un costo de operación más bajo por unidad de capacidad

Por otra parte, este proceso no es absoluto debido a los muchos factores que influyen en él. En algunos casos la secuencia puede ser invertida sin que se presenten ineficiencias significativas.

Por ejemplo, en muchas ciudades se da el caso de la introducción de tecnologías guiadas (paso 7) antes de establecer una separación de los medios de transporte (paso 6) o bien se pueden introducir los autobuses al sistema de transporte (paso 5) antes de construir arterias (paso 4). Sin embargo, esta secuencia general es válida para la mayoría de las áreas urbanas y cualquier desviación significativa, usualmente, trae a la luz errores en cuanto a la planeación del sistema de transporte resultando entonces en ineficiencias.

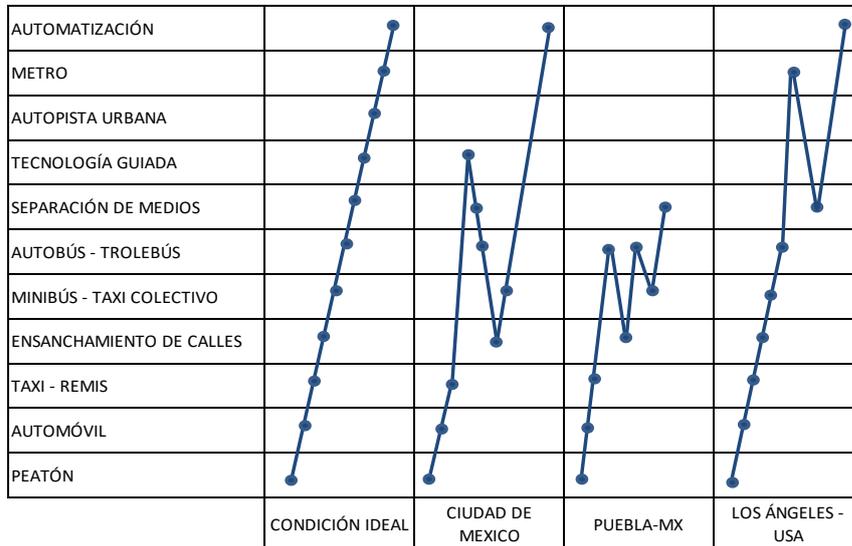
Así por ejemplo, se han ocasionado problemas muy serios en ciudades cuando se han fomentado las autopistas urbanas (paso 8) y se contaba solamente un servicio de transporte público en tránsito mixto (paso 5). Asimismo, el paso 1 - peatón - es el elemento esencial en cualquier ciudad; desafortunadamente ha sido olvidado al tratar de solucionar el problema del tránsito motorizado (paso 2, 4, 8).



Cátedra: TRANSPORTE

La siguiente figura muestra las secuencias que se han presentado en algunas ciudades así como la secuencia ideal propuesta. Se puede observar las variantes que se han presentado así como los esfuerzos por corregir situaciones que afectan a la movilidad urbana.

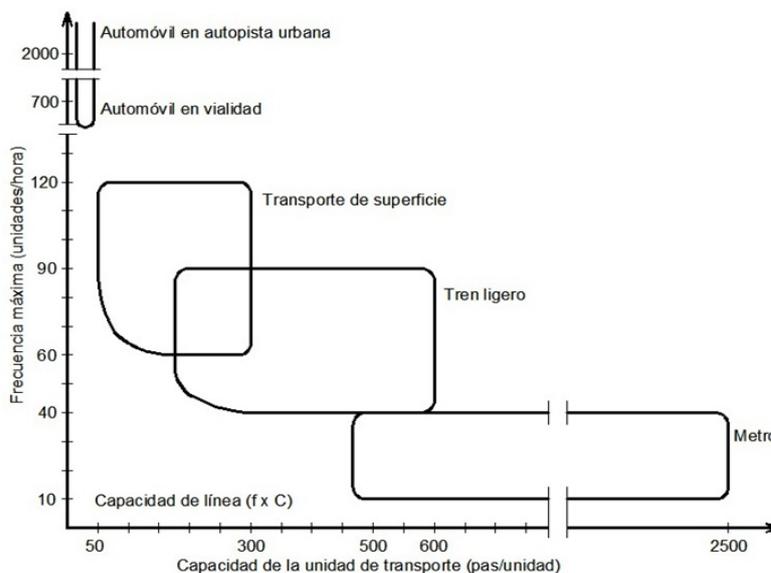
Figura 6: Comparación de la evolución en diferentes ciudades



COMPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

Si se comparan las frecuencias máximas que pueden ofrecer los medios de transporte urbanos contra la capacidad de la unidad de transporte se observa un decrecimiento de las frecuencias conformes las capacidades de la unidad de transporte se incrementan. Esto se observa en la siguiente figura.

Figura 7: Frecuencias vs. Capacidad Vehicular



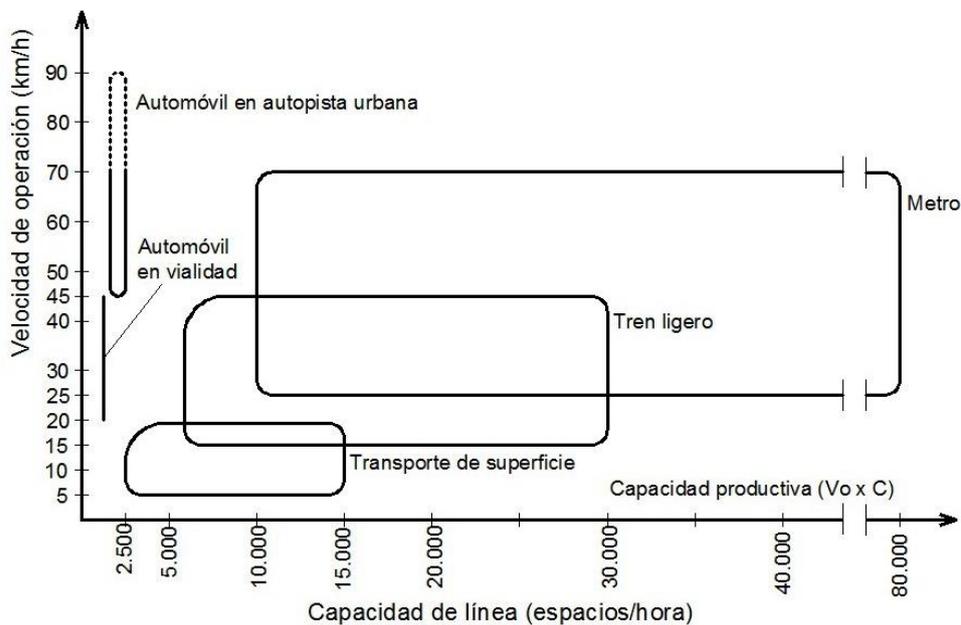
Las mayores frecuencias se logran en los automóviles de baja capacidad bajo diferentes condiciones (niveles de servicio). Las frecuencias decrecen conforme la capacidad del vehículo crece.

El producto de la frecuencia y la capacidad del vehículo o unidad de transporte da como resultado la capacidad de la línea.

Por otra parte, si relacionamos la velocidad de operación con la capacidad de la línea se tiene que el automóvil presenta altas velocidades, pero capacidades de línea baja. A su vez, las distintas formas de transporte público incrementan su velocidad conforme se incrementa la capacidad de línea, teniéndose el caso de los sistemas de superficie con velocidades bajas y capacidades regulares mientras que en los sistemas férreos se obtienen capacidades y velocidades altas. La siguiente figura muestra este caso y señala que:

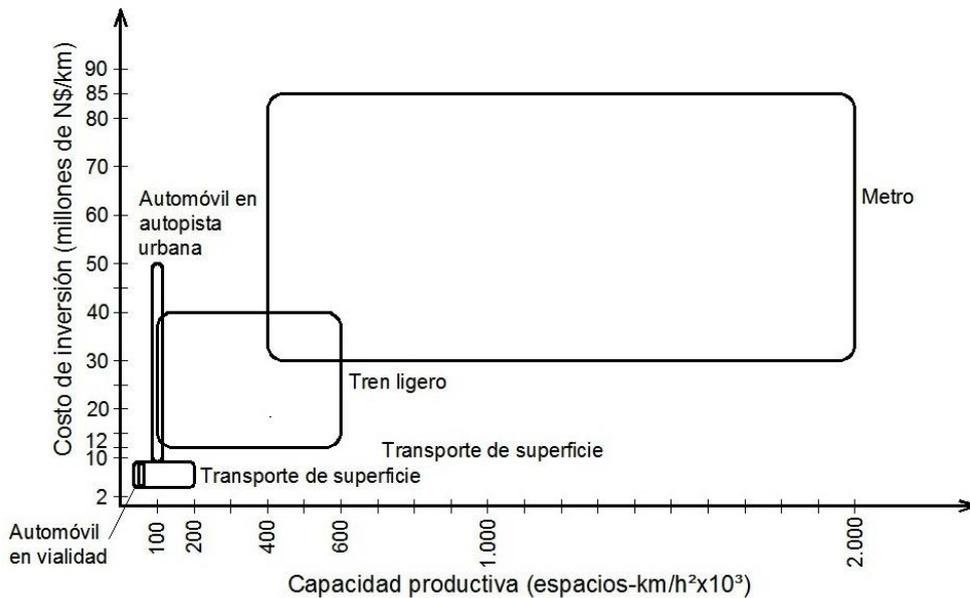
El producto de la velocidad de operación y la capacidad de línea resulta en la capacidad productiva de cada medio.

Figura 8: Velocidad vs. Capacidad de Línea



Finalmente, al graficar la capacidad productiva y el costo de inversión por cada par de carriles conforme a la siguiente figura, se tiene que un mayor rendimiento (mayor capacidad productiva) corresponde a un mayor costo de inversión.

Figura 9: Costo de Inversión vs. Capacidad Productiva



REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE

Como se desprende del análisis teórico de la evolución de la familia de los medios de transporte, la decisión central en la planeación de un sistema de transporte radica en la selección del mejor paquete o combinación posible, dentro del rango de población que se esté considerando. Esta decisión invariablemente determina las características tecnológicas, operacionales y de la red de transporte misma.

Por ello, para evaluar las necesidades reales de cada ciudad, área de estudio o corredor en cuanto a las condiciones de transporte, se debe reconocer la existencia de tres grupos de participantes que se interrelacionan, así como analizar con detenimiento los requerimientos de cada grupo. Estos grupos son:

- el usuario o consumidor del servicio,
- el prestador o proveedor del servicio,
- la comunidad o evaluador del servicio,

En los últimos años en nuestro país, con un aporte importante en el tema por parte del Mg. Ing. Andrés Pizarro, se incluye un cuarto actor o ámbito, el gobierno local (sea este Municipal o Provincial), responsable de la gobernanza. Es responsabilidad de éste planificar, regular y controlar los servicios públicos de transporte. Gestiona la interrelación de los tres actores o ámbitos interesados en la temática de la movilidad y busca conciliar los intereses sectoriales.

Como es de esperarse, cada uno de estos grupos presenta requerimientos particulares que en algunas ocasiones se contraponen.

La siguiente figura sintetiza estos requerimientos:

Cuadro 5: *Requerimientos de un sistema de transporte*

| PLANEACIÓN | CARACTERÍSTICAS LOCALES | | |
|------------|-------------------------|------------------------------------|---------|
| Objetivos | Físicas | Socio Económicas y Medios Ambiente | Demanda |

| REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA | | |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Usuario (consumidor) | Prestatario (proveedor) | Comunidad (evaluador) |
| Disponibilidad | Cobertura del sistema | Calidad del servicio |
| Puntualidad | Confiabilidad | Costos del sistema |
| Tiempo de recorrido | Velocidad | Objetivos sociales |
| Comodidad | Capacidad | Impactos al medio ambiente |
| Accesibilidad | Flexibilidad | Consumo de energía |
| Conveniencia | Seguridad | Impactos a largo plazo |
| Seguridad | Costos | |
| Costos al usuario | Atracción de usuarios | |
| | Efectos complementarios | |

Requerimientos del usuario

Entre sus principales requerimientos se encuentra la **disponibilidad** de transporte ya que el usuario requiere contar con cobertura, paradas o estaciones razonablemente cercanas, un servicio regular y que lo pueda utilizar a cualquier hora del día.

A su vez requiere un **servicio puntual y confiable**, que le permita abordar la unidad que lo llevará a su destino dentro de rangos aceptables de demora, la cual se puede situar para el caso de autobuses entre cero y cuatro minutos. El usuario aceptará mayores demoras dependiendo de la distancia que tenga que recorrer ya que las demoras por el tránsito y las interferencias ocasionadas por otros medios de transporte son las causas de retardo que se presentan más frecuentemente. El factor más importante para lograr una confiabilidad en el sistema radica en el control operativo del sistema, lo cual implica la separación del derecho de vía del transporte público del resto de la circulación.

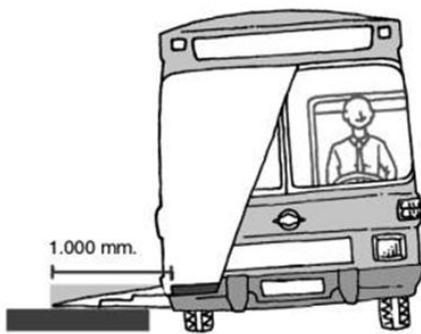
Otro requerimiento del que el usuario estará pendiente es su **tiempo de recorrido**, estando interesado en el tiempo de recorrido puerta a puerta. Un tiempo de recorrido demasiado largo inhibe el uso del transporte público, motivo por el cual se debe prestar atención especial no solamente a los tiempos a bordo de la unidad sino también a los tiempos de espera y de caminata hacia/desde la parada. El hacer ameno sus recorridos a pie, así como su tiempo de espera en las paradas, induce a que el usuario perciba de manera distinta los tiempos de recorrido. Una espera con actividades que realizar (observación de mapas de la red, adquisición de comida, teléfono a la mano, acceso a wifi, comodidad, resguardo de inclemencias climáticas, seguridad, etc) hace que el tiempo de espera se perciba como menor.

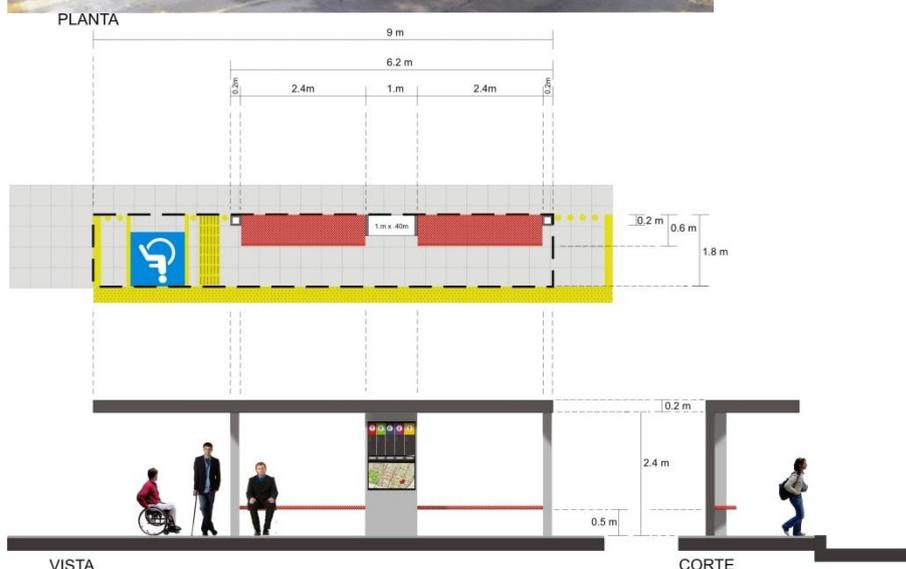
Cátedra: **TRANSPORTE**

La **comodidad** es un requerimiento difícil de definir puesto que incluye una variedad de factores cualitativos. Sin embargo, la disponibilidad de asiento y un recorrido suave son factores que aprecia el usuario. Otro aspecto es la comodidad misma del asiento, la geometría de entradas y salidas del vehículo, el ancho de los pasillos, climatización de la unidad, los niveles de ruido interior, el grado de privacidad y la apariencia tanto exterior como interior del vehículo.

La **accesibilidad** a personas con discapacidad permanente o temporal. Garantizar información, tanto en paradas como dentro de la unidad, a usuarios ciegos o sordos. Reservar espacios a obesos mórbidos y sillas de rueda. Permitir el ingreso/egreso de la unidad en forma ágil y segura. Hoy los buses permiten una maniobra conocida como (arrodillamiento) que permite desplazar una rampa que facilita el ingreso/egreso de la silla de ruedas.

Figura 10: Fuente: *Secretaría Servicios Públicos - Gobierno de Mendoza*





La **conveniencia** es un requerimiento que se refiere al sistema en general y su evaluación es eminentemente cualitativa. Los principales factores que se pueden considerar son aspectos referentes a la cobertura del sistema, a la necesidad de efectuar trasbordos, la existencia de información suficiente y confiable, la regularidad en el servicio que se presta y la existencia de un adecuado servicio en las horas de menor demanda e instalaciones de espera correctamente diseñadas y ajustadas a las necesidades del usuario.

La **seguridad** del usuario en términos de la prevención de accidentes es importante, pero el usuario busca como requerimiento una mayor prevención de incidentes criminales. Si bien este tema escapa al transporte, se encuentra en la esfera de la seguridad pública, es un hecho que la inseguridad en la vía pública atenta a la elección del transporte público como modo de transporte. Problema que no puede ser superado (elección de otro modo, vehículo particular) por ciertos estratos sociales ya que es el único medio disponible para su movilidad.

Finalmente, el **costo** que presenta el transporte para el usuario es un requerimiento importante a tener en cuenta, siendo la tarifa la porción más impactante. En el caso del automóvil, es importante tener presente los costos de acceso a que se incurre y, en especial, el referente al estacionamiento.

Requerimiento del prestador del servicio

Entre los requerimientos del prestador se encuentra el logro de una adecuada **cobertura de área**, misma que se define como la superficie o cuenca que se encuentra entre 5 y 10 minutos de distancia recorrida a pie de una estación o parada. Esta cobertura se puede expresar como un porcentaje del área urbana que queda dentro del área de servicio. Al analizar el prestatario la cobertura que logra debe considerar la extensión misma de la red, la existencia de otros medios de transporte (competencia) y la cobertura que logra en los puntos de mayor atracción o generación de viajes.

Este fenómeno de análisis de cobertura no corresponde al caso de Mendoza, donde el Estado debe garantizar la misma (en la medida de lo posible). El hecho de que se paga al prestador por kilómetro realizado no condiciona la prestación del servicio a la demanda. Por lo que aumentos de cobertura son bienvenidos por el prestador en la medida que generan mayores kilómetros a liquidar y cobrar.

No sucede esto cuando el ingreso del prestador está ligado al cobro por medio de la tarifa que pagan los usuarios. Aquí el prestador busca los corredores más rentables, la cobertura en los puntos de generación/atracción más importante y desestima los sectores de baja densidad o corredores de gran longitud y baja carga. Estos sectores se los busca cubrir con servicios de fomento y, en caso de no contar con Autoridad de Aplicación (Estado) que exija su cobertura, son abandonados por los prestadores. Los servicios de fomento son parte de líneas más rentables que tienen que equilibrar la ecuación económica financiera de la empresa garantizando la rentabilidad de la misma.

El prestatario estará interesado en proporcionar una **frecuencia** adecuada al tipo de viaje que preste, por lo que debe buscar frecuencias regulares y altas que permitan atraer cualquier tipo de viaje, ya sea este de trabajo, estudio, recreación, compras. En nuestro caso, siendo el Estado quien concesiona los servicios de transporte público de pasajeros, es el responsable de planificar, controlar, regular y exigir la prestación de estas frecuencias.

La **confiabilidad** que se pueda tener en el sistema de transporte dependerá del mantenimiento que el prestatario de a sus unidades. Puede ser medida en función del porcentaje de salidas que se den durante el día. Se considera que los medios de transporte de superficie presentan confiabilidades del orden mayor del 75 al 90%, mientras que los sistemas férreos este porcentaje debe ser mayor al 95%. En el caso de Mendoza, al pagarse por kilómetro recorrido, los prestadores tienen un índice de confiabilidad elevado respecto al cumplimiento de frecuencia. No así en cuanto al cumplimiento del horario de las mismas. Estas diferencias son generadas por diversos motivos (regulación del tránsito, carriles de uso mixto, congestión, paradas muy cercanas, etc).

Cátedra: TRANSPORTE

El prestatario está interesado en lograr **velocidades comerciales altas** en sus rutas o líneas ya que ésta afecta el tamaño de su parque vehicular y por ello sus costos laborales, de combustibles o energéticos y mantenimiento, así como la atracción de pasajeros al sistema.

Un requerimiento del prestatario (o del Estado como ente regulador) es lograr el equilibrio entre la **oferta y la demanda** del sistema que opera ya que de esta forma logrará satisfacer las necesidades de su clientela dentro de costos razonables. Esto siempre y cuando no se pierda de vista la necesidad de contar con servicios en zonas de fomento y servicios que garanticen la prestación en horarios de menor demanda o valle. Es un servicio público y debe garantizar - el Estado - su prestación.

Los **costos** son sin lugar a dudas el factor más importante para el prestador o prestatario. En la mayoría de los casos se analizan tres conceptos:

- costo de inversión
- costo de operación
- ingresos

Naturalmente, los tres variarán conforme a las características y condiciones locales de cada sistema, así como a lo largo del tiempo (inflación). Es importante comparar los costos unitarios en lugar de los costos totales para medios individuales.

El prestatario tendrá como requerimiento el contar con una **flexibilidad** suficiente en cuanto al trazo mismo de las rutas, a la capacidad con que cuenta y al tipo de vehículos con que puede operar. En el caso de Mendoza, las rutas sufren modificaciones ante solicitud de los usuarios o Municipios, del concesionario (prestador del servicio) o decisión de la Autoridad de Aplicación (Estado). La capacidad de línea debe garantizar el servicio a los usuarios, por lo que, a lo largo de un período de concesión, se van incorporando unidades por: crecimiento de demanda o modificaciones de cobertura. Una manera de mejorar capacidad sin incrementar flota de buses es contar con vehículos articulados.

La atención que el prestador debe dar a la **seguridad** va encaminada no solamente hacia la seguridad del usuario sino también a la seguridad operacional del sistema.

La **atracción de pasajeros** es el requerimiento más importante del prestatario (y del Estado) ya que de ello dependerá del éxito y el papel que desempeñará la ruta dentro del sistema de transporte. Esta atracción está en función del tipo y nivel de servicio que se ofrezca como también de la imagen del sistema.

Esta imagen está compuesta por elementos tales como las características físicas del sistema, la simplicidad de la red, la confiabilidad del servicio, la regularidad y la identificación y venta del servicio mismo.

Cátedra: TRANSPORTE

Requerimientos de la comunidad (el NO usuario)

La comunidad está interesada en que se preste un **nivel y tipo de servicio adecuado**, el cual permita una mayor atracción de pasajeros hacia los medios de alta capacidad.

La comunidad debe reglamentar los **impactos** a largo plazo que fomenten el transporte tales como:

- desarrollo urbano
- cambios en el valor del uso del suelo
- actividades económicas
- aspectos relativos al medio ambiente
- uso eficiente de energía
- eficiencia económica en las inversiones que se realicen

Indudablemente la comunidad debe sopesar los **objetivos sociales** que persiga. Algunos de estos requerimientos pueden ser cuantificados. Sin embargo, otros son cualitativos por lo cual su evaluación requiere de una considerable experiencia y valorizaciones subjetivas. Asimismo, los requerimientos de un grupo pueden ser divergentes, lo cual induce a buscar un resultado balanceado a los requerimientos de estos tres grupos.

VALORES E INDICADORES CARACTERÍSTICOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

Figura 11: Buses con diferentes derechos de uso de vías

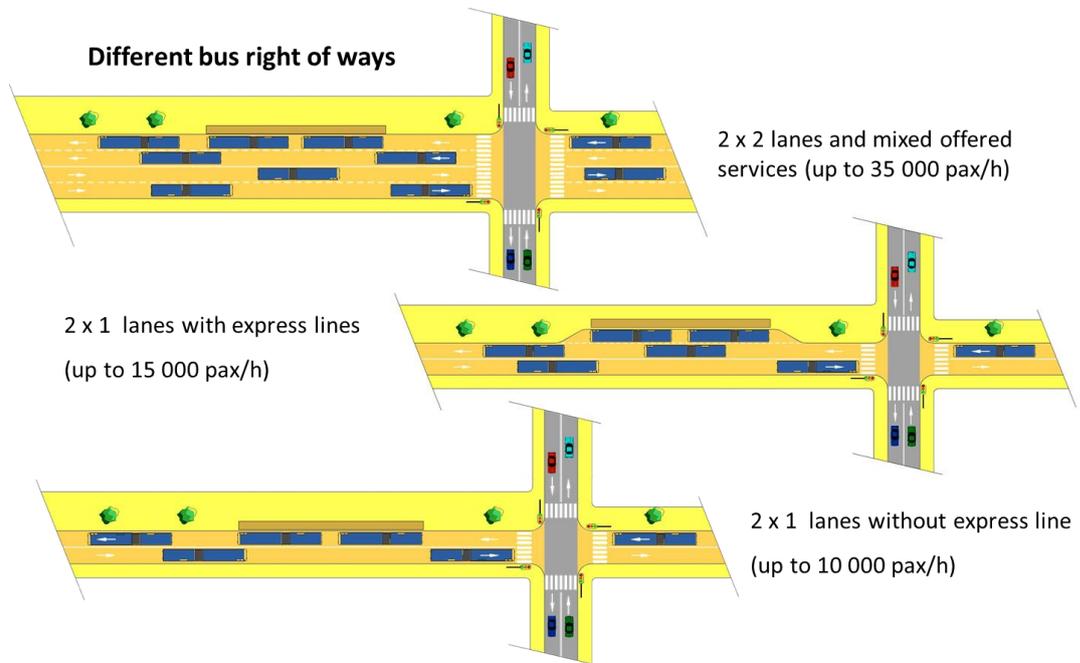


Figura 12: Tipo de servicio, velocidad comercial, separación entre estaciones, sistema de transporte



Fuente : SYSTRA - Hubert METGE

Cuadro 6: Capacidad

| Modo | Intervalo Minutos | Coches formación | Pasajeros por coche | Pasajeros por hora (hora punta – día hábil) |
|----------------|-------------------|------------------|---------------------|---|
| Metro | 5 – 1,5 | 4 – 6 - 8 | 200 | 9.600 a 64.000 |
| Metro liviano | 4 – 2 | 3 | 200 | 6.000 a 24.000 |
| BRT 2 carriles | 4 – 0,5 | 1 | 150 | 2.300 a 18.000 |
| BRT 4 carriles | 3 – 0,25 | 1 | 150 | 3.000 a 36.000 |

Cuadro 7: *Velocidad comercial y accesibilidad*

| Modo | Velocidad comercial Km / hora | Accesibilidad: distancia entre paradas (metros) |
|----------------|-------------------------------|---|
| Metro | 30 | 800 |
| Metro liviano | 30 | 500 |
| BRT 2 carriles | 25 | 500 |
| BRT 4 carriles | 30 | 500 |

Cuadro 8: *Costos de Inversión sin expropiaciones*

| Modo | Costos (us\$ / Km) | | |
|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| | Infraestructura y equipamiento | Material rodante | TOTAL |
| Metro Elevado | 24,7 - 39,8 | 11,5 - 69,1 | 36,2 - 108,9 |
| Metro Subterráneo | 45,2 - 60,3 | 11,5 - 69,1 | 56,7 - 129,4 |
| Metro Liviano | 12,4 - 14,1 | 7,9 - 14,4 | 20,3 - 28,5 |
| BRT 2 carriles | 5,8 - 6,8 | 0,6 - 4,4 | 6,4 - 11,2 |
| BRT 4 carriles | 9,8 - 10,8 | 0,7 - 5,8 | 10,5 - 16,6 |

Fuente : *METROVIAS – Metro de Medellín - Colombia*

Cuadro 9: *Costos de Operación y Mantenimiento*

| Modo | Costos (us\$ / Km) | | |
|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| | Infraestructura y equipamiento | Material rodante | TOTAL |
| Metro Elevado | 24,7 - 39,8 | 11,5 - 69,1 | 36,2 - 108,9 |
| Metro Subterráneo | 45,2 - 60,3 | 11,5 - 69,1 | 56,7 - 129,4 |
| Metro Liviano | 12,4 - 14,1 | 7,9 - 14,4 | 20,3 - 28,5 |
| BRT 2 carriles | 5,8 - 6,8 | 0,6 - 4,4 | 6,4 - 11,2 |
| BRT 4 carriles | 9,8 - 10,8 | 0,7 - 5,8 | 10,5 - 16,6 |

Fuente : *METROVÍAS – Metro de Medellín – Colombia*

Lectura recomendada

http://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-38927134?ocid=socialflow_twitter

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160419_bicicleta_america_latina_paises_ciudades

<http://www.bbc.com/mundo/vert-aut-36818790>

Bibliografía

- 1- Ángel Molinero Molinero - Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración. Fundación ICA.
- 2- Gustavo Luis Pastor. JTP Cátedra Transporte. Facultad de Ingeniería. UN Cuyo
- 3- Documentos varios. Ver detalle de fuente.